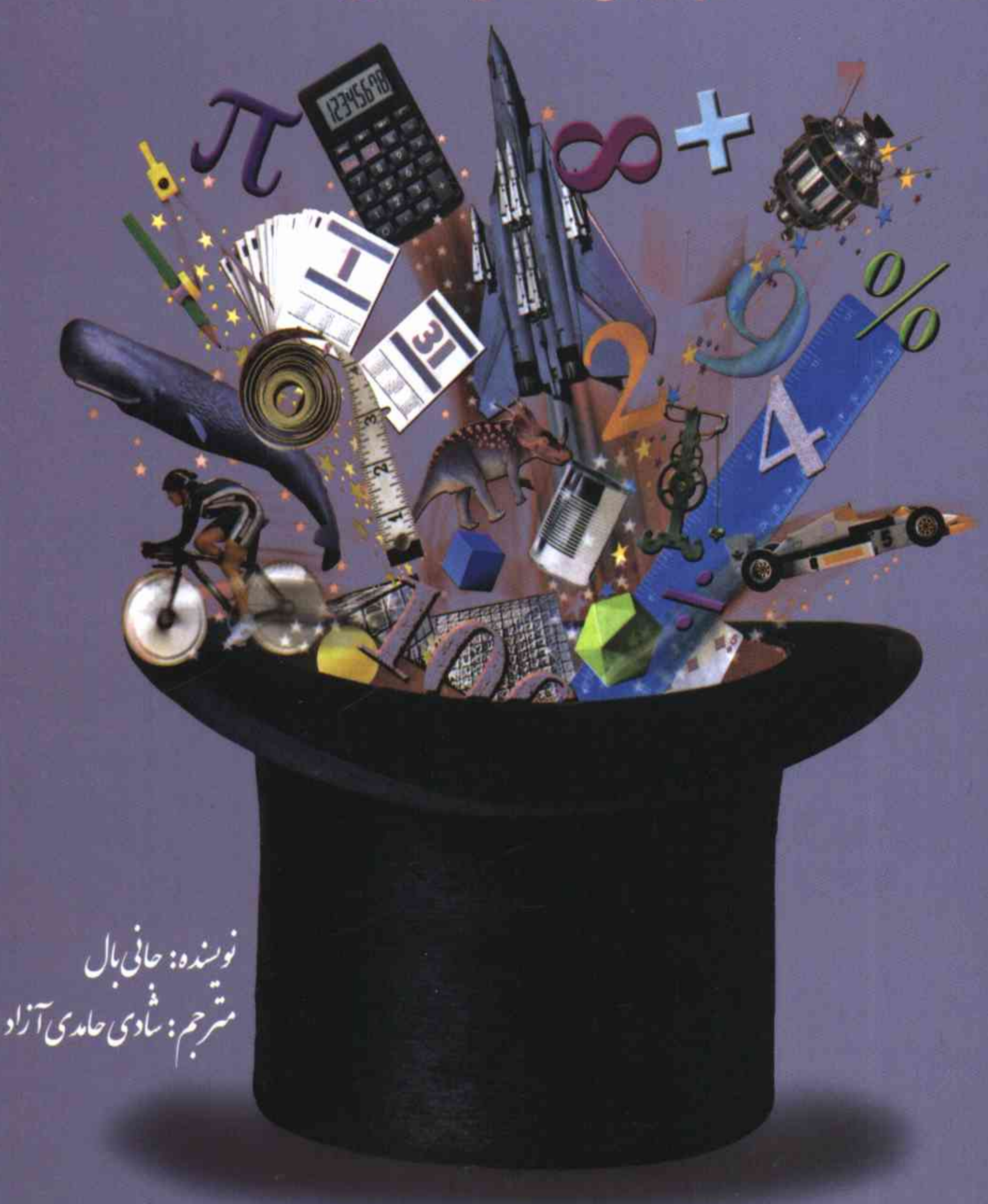
جادوی ریاضی

کاربردهای ریاضی در زندگی روزمره
از جهان باستان تا کنون



نویسنده: جانی بال
مترجم: شادی حامدی آزاد

جادوی ریاضی

کاربرد ریاضیات در زندگی روزمره از جهان باستان تا کنون



نویسنده: جانی بال

مترجم: شادی حامدی آزاد

سرشناسه	: بال، جانی Ball, Johnny
عنوان و نام پدیدآور	: جادوی ریاضی / نویسنده جانی بال، مترجم: شادی حامدی آزاد
مشخصات ناشر	: تهران: سبزان، ۱۳۹۰.
مشخصات ظاهری	: ۱۲۸ ص. مصور
شابک	: ۳-۰۴۲-۱۱۷-۶۰۰-۹۷۸
وضعیـت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی mathmagicians
موضوع	: ریاضیات - ادبیات نوجوانان
موضوع	: ریاضیات - سرگرمی ها - ادبیات نوجوانان
موضوع	: ریاضی دانان - ادبیات نوجوانان
شناسه افزوده	: حامدی آزاد، شدی ۱۳۵۹، مترجم
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۰ ۲ج۲ب / ۵ / ۴۰ QA
رده بندی دیویی	: ۵۱۰ ج
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۳۱۴۹۲۳



انتشارات سبزان

میدان فردوسی ـ خیابان فرصت ـ ساختمان ۵۴ تلفن: ۸۸۸۴۷۰۴۴-۸۸۳۱۹۵۵۸

جادوی ریاضی

نویسنده: جانی بال

مترجم: شادی حامدی آزاد

ناشر: سبزان

حروف‌چینی، طراحی و لیتوگرافی: واحد فنی سبزان

۸۸۳۴۸۹۹۱ - ۸۸۳۱۹۵۵۷

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۰

تیراژ: ۲۰۰۰ جلد

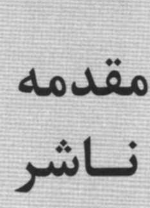
قیمت: ۵۵۰۰ تومان

چاپ و صحافی: معراج

فروش اینترنتی و online از طریق سایت‌آی‌آی کتاب www.iiketab.com

شابک: ۳-۰۴۲-۱۱۷-۶۰۰-۹۷۸ ISBN: 978-600-117-042-3

فهرست



مقدمه ناشر

دانایی، توانایی است

یادگیری علم و مطالعهٔ تاریخ گذشتگان، در واقع استفاده از تجربیات همهٔ کسانی است که پیش از ما زندگی کرده و رنج و زحمتی را برای کسب تجربه، متحمل شده اند. ما با مطالعهٔ صحیح تاریخ و با استفادهٔ درست از علم در واقع با بهره گیری از تجربیات گذشتگان توانایی‌های خودمان را افزایش داده و دنیایی زیبا، آرام و دلنشین را برای خود و دیگران مهیا خواهیم ساخت.

انتشارات سبزان با آماده سازی و گردآوری مجموعه‌های متنوع در شاخه‌های گوناگون علم و تاریخ تمدن ملل مختلف، سعی دارد از این طریق گامی هرچند کوچک، در جهت افزایش دانستنی‌ها و دانش نسل جوان بردارد و در حد وسع و توانایی خود بر معلومات آنها بیفزاید. جا دارد از کوشش نویسندگان و مترجمان گرانقدر که در آماده سازی این مجموعه ما را یاری کرده اند تشکر نموده و دست یاری به سوی همه کسانی دراز کنیم که می‌توانند در رشد و اعتلای این مجموعه به کمک ما بشتابند. بدون شک با گسترش حیطهٔ همکاران خود، سریع تر و بهتر به سر منزل مقصود خواهیم رسید.

پیشگفتار نویسنده

کتاب پیشین من «به یه عدد فکر کن» نام داشت. در آن کتاب داستان جذاب ریشهٔ اعداد را تعریف کردم و نشان دادم که اعداد چقدر جالب‌توجه، موذی، و سرگرم‌کننده هستند. در آن کتاب، من سعی کردم تا به دنیای عجیب و جذاب ریاضیات نوین وارد شوم.
اما اگر از اعداد استفاده‌ای نکنیم به هیچ دردی نمی خورند و این موضوع این کتاب است. ما از اعداد فقط برای شمارش استفاده نمی‌کنیم بلکه با آن‌ها اندازه‌گیری هم می‌کنیم. بدون اندازه‌گیری، نمی‌توانیم نقشه‌ای بکشیم، طرحی ارایه کنیم، یا چیزی بسازیم. پس نمی‌توانستیم جهان را کاوش کنیم یا پیشرفت‌های خارق‌العاده کنیم. اگرچه علم کمی پیچیده شده است، من امیدوارم به شما نشان دهم که چگونه ریاضی علم را به‌طرزی جادویی آسان‌فهم می‌کند.
در این کتاب شما را به آغاز زمان استفاده از ریاضی و نخستین اندازه‌گیری‌ها می‌برم. جادو ریاضی‌دانان را به شما معرفی می‌کنم؛ افرادی در سرتاسر تاریخ که سعی می‌کردند با استفاده از جادوی اعداد از سازوکار جهان سر درآورند و رازهای عالم را آشکار کنند. این داستانی است که ما را یک‌راست از جهان باستان تا عصر حاضر می‌آورد و روش‌های ابتکاری‌ای را آشکار می‌کند که به کمک آن‌ها تقریباً هر چیزی را می‌سنجیم.
امیدوارم از این کتاب لذت ببرید و امیدوارم به شما کمک کند که به اندازهٔ من به ریاضیات و علم علاقه‌مند شوید. اگر موفق شوم، شاید شما هم مانند من همواره به دنبال یاد گرفتن و درک چیزهای بیشتر باشید. به نظر من این روش درستِ زندگی کردن است.

جانی بال

تصور کنید که دنیا بدون اندازه‌گیری چگونه خواهد شد...

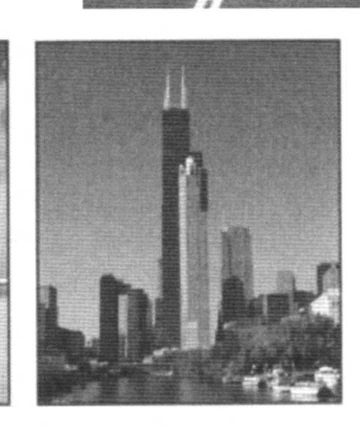


روزنامهٔ سیــاره

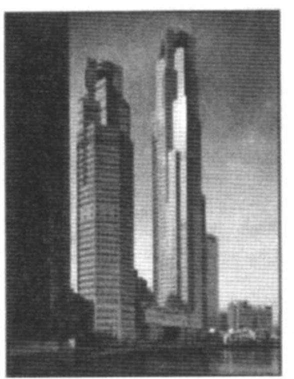


◀ خشم جاده

به‌تازگی جاروجنجالی برپا شده است بر سر جاده‌ای جدید که در سرتاسر مسیرش پیچ‌های شدید دارد. مهندس مسئول، مشکل را این‌چنین شرح می‌دهد: «ما نمی‌دانیم جاده‌ها دقیقاً باید چقدر طول داشته باشند، به همین سبب فقط حدس می‌زنیم. اگر درست حدس بزنیم جاده‌ای صاف و مستقیم خواهیم داشت. اگر غلط حدس بزنیم باید پیچ‌وخم‌هایی در جاده تعبیه کنیم تا جاده در فاصلهٔ بین شهرها جا بگیرد. وقتی خیلی اشتباه می‌کنیم باید چندتا تپه هم در جاده قرار دهیم».

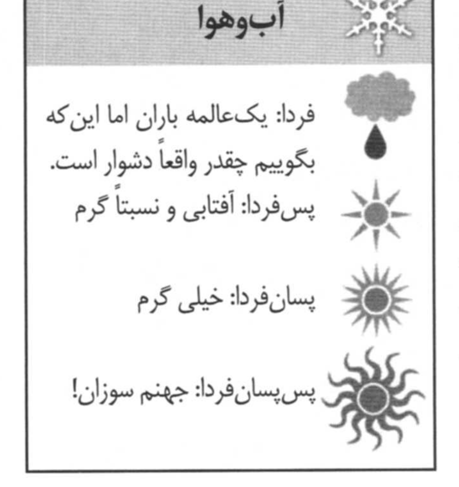






▲ بلندترین ساختمان‌های جهان؟

در پی پیشنهادی برای یافتن بلندترین ساختمان‌های جهان، مسئولان در حال برنامه‌ریزی‌اند تا ۱۰ آسمان‌خراش، را که از همه بلندتر به نظر می‌رسند، یک جا جمع کنند تا کنار هم قرار بگیرند و معلوم شود کدام بلندتر است. هر آسمان‌خراش بادقتِ تمام تکه‌تکه می‌شود، به آمریکا ارسال و در آنجا دوباره بازسازی می‌شود. وقتی برنده معلوم شد دوباره آسمان‌خراش‌ها تکه‌تکه می‌شوند، به خانه ارسال و در آنجا دوباره بازسازی می‌شوند. دولت‌ها هنوز با هم دعوا دارند که بالاخره کدام آسمان‌خراش برنده می‌شود.



تجارت و امور مالی

قیمت بنزین بالا می‌رود

قیمت بنزین این هفته بالا رفت؛ کمی بنزین ۲۰۰ تومان، یک کم بیشتر ۵۰۰ تومان، و خیلی زیاد ۸۰۰ تومان شده است. بحث‌ها همچنان در پمپ‌بنزین‌ها داغ است، زیرا مردم و مسئولان بر سر تعریف کمی، متوسط، و خیلی زیاد با هم توافق ندارند. در همین حال، در پمپ‌بنزینی در حوالی مرکز کشور، فردی با تانکری عظیم به پمپ‌بنزین رفت و آن را پُر کرد و قیمت ۸۰۰ تومانِ «خیلی زیاد» را پرداخت کرد و رفت.

ورزش و تفریح

◄ آن‌ها امیدوارند قضیه تمام شده باشد!

مسابقهٔ فوتبال میان انگلستان و برزیل - که احتمالاً طولانی‌ترین مسابقه‌ای است که تا به حال بازی شده - ظاهراً قرار نیست تمام شود. خُب، وقتی راهی برای سنجش زمان نداریم هیچ‌کس نمی‌داند تا الان این مسابقه چقدر طول کشیده است، چه وقت باید تمام شود، یا حتی چه وقت نیمهٔ اول تمام می‌شود.

وقتی بازی شروع شد بازیکنان بیست‌وچند ساله بودند ولی اغلب‌شان حالا آن‌قدر پیرند که نمی‌توانند بدونِ صندلی چرخ‌دار یا عصا راه بروند. یکی از بازیکنان واقعاً پیر سعی کرد توپ را با عصایش بترکاند تا بتواند به خانه برود.

طی این بازی، حدود ۳۰۰۰ تماشاچی بر اثر کهولت سنّ و ۱۵۰۰ نفر هم بر اثر خستگی جان خود را از دست دادند. فعلاً امتیاز برزیل ۷۵۷۸۹ و امتیاز انگلستان ۷۶۱۰۰ است.



سه بازیکن جوان‌تر تیم انگلستان که هنوز می‌توانند بدون صندلی چرخ‌دار در زمین راه بروند.

ماهیگیری که ماهی عظیمی به دام انداخت ◄

ماهیگیری دیروز ماهی بسیار بزرگی را صید کرد. این شخص قبلاً هم ماهی‌هایِ بزرگ صید کرده بود اما خودش گفت که این ماهی واقعاً واقعاً عظیم بوده است. هرچند، او مطمئن نیست که اینْ بزرگ‌ترین ماهی‌اش باشد زیرا همهٔ ماهی‌های صیدهای قبلی‌اش را خورده است و بنابراین نمی‌تواند آن‌ها را با هم مقایسه کند. او فکر می‌کند که این ماهی جدید حتی از خود او هم سنگین‌تر است اما از این موضوع هم مطمئن نیست چون وزن خودش را هم نمی‌داند.



ماهیگیر با ماهی عظیمش

چرا باید به خودمان زحمت بدهیم و هر چیزی را اندازه‌گیری کنیم؟

حقیقت این است که نخستین مردمان هرگز خودشان را برای سنجش و اندازه‌گیری به زحمت نمی‌انداختند؛ آن‌ها فقط حدس می‌زدند. حدس می‌زدند که چه زمانی از سال یا روز است. حدس می‌زدند چقدر طول می‌کشد تا از جایی به جای دیگر بروند، یا چقدر چوب و آب و غذا باید با خود به خانه ببرند.

آن‌ها حتی مجبور بودند سنّ خود را هم حدس بزنند.

اما به‌مرور زمان مردم باهوش‌تر شدند.

آن‌ها خورشید و ستاره‌ها را مشاهده کردند و دریافتند که می‌توانند به کمک آن‌ها زمان را بسنجند. شروع به تجارت کردند و کشف کردند که چگونه کالاهایی را که می‌خرند یا می‌فروشند وزن کنند. به‌مرور دریافتند که چگونه زاویه‌ها، ارتفاع‌ها، و طول‌ها را اندازه بگیرند و از این دانش‌ها برای ساختن قصرها، معبدها، و مقبره‌ها بهره بردند.

هرچه بیشتر اندازه گرفتند، باهوش‌تر شدند.

حدود ۲۰۰۰ سال پیش، جادوریاضی‌دانانِ دنیای باستان شهرهای شگفت‌انگیز و امپراتوری‌های قدرتمند ساخته و نه‌تنها اندازهٔ کرهٔ زمین را به دست آورده بودند بلکه فاصله‌مان تا ماه را هم اندازه گرفته بودند. و همهٔ این‌ها به لطف ریاضی بود.

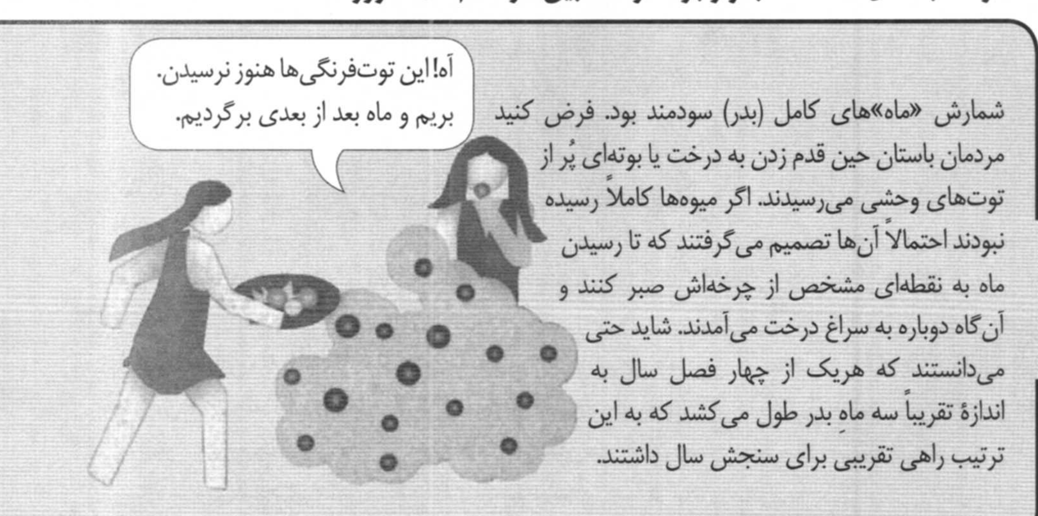
این هم داستان این‌که چطور این کار را انجام دادند.

ماه‌ها و ماه‌ها

خیلی پیش از این‌که مردم ساعت داشته باشند، اجداد باستانیِ عصر حجری ما می‌توانستند زمان را با شمارش روزها یا با مشاهدهٔ خورشید و ماه و ستاره‌ها بسنجند. زمان یکی از نخستین چیزهایی بود که مردم شروع به سنجش آن کردند.



در اغلب سال‌ها ۱۲ ماه بدر وجود دارد که بین هرکدام ۲۹/۵ روز فاصله است.

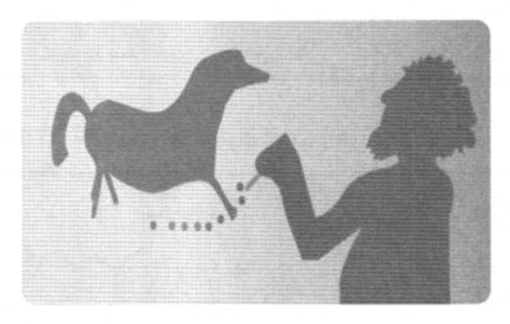


مردم برای سنجش زمان‌های طولانی‌تر می‌بایست روزها را می‌شمردند. شاید شمارش برای ما آسان باشد اما نخستین مردمان خیلی در شمارش مهارت نداشتند.

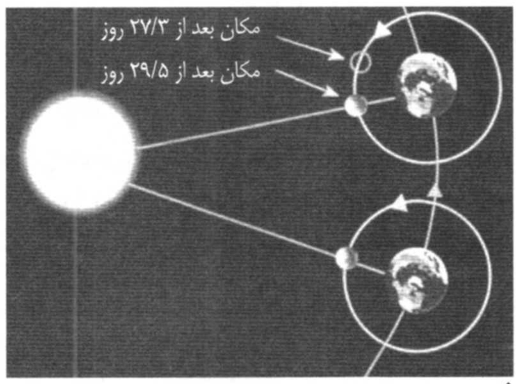


آن‌ها با انگشتان‌شان می‌شمردند و چون فقط ده انگشت داشتند، برای شمارش اعداد بزرگ‌تر با مشکل مواجه بودند. اما روش دیگری برای شمارش زمان‌های طولانی‌تر داشتند که امروز آن را هفته و ماه می‌نامیم: آن‌ها به مشاهدهٔ کرهٔ ماه پرداختند. نیاکان نخستینِ ما می‌دیدند که ماه چگونه طی روزها از هلالی باریک به قرصی درخشان – ماه بدر – تبدیل می‌شد.



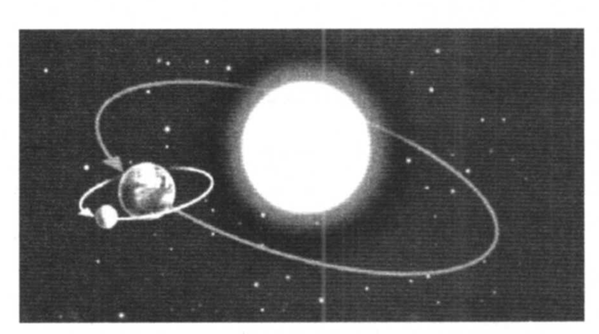


بعدها مردم دریافتند که اگر شمردن با انگشتان‌شان را بَس کنند می‌توانند اعداد بعد از ۱۰ را هم بشمرند. آن‌ها یاد گرفتند که برای شمارش از چیزهای دیگر، به‌جز انگشت، استفاده کنند. برخی تنهٔ درختان را می‌خراشیدند. برخی هم بر دیواره‌های غارها با رنگ علامت می‌گذاشتند یا روی طناب گره‌هایی می‌زدند. آن‌ها خیلی زود دریافتند که حدود ۳۰ روز طول می‌کشد تا ماه یک چرخهٔ کامل را طی کند – بازه‌ای از زمان که امروز آن را یک ماه می‌نامیم (دقت کنید این ماه با آن کرهٔ ماه اشتباه نشود!). مردمان باستان همچنین کشف کردند که هر سال ۱۲ ماه دارد. آن‌ها با عمل ضرب تعداد روزهای یک سال را چنین به دست آوردند: ۳۶۰=۱۲×۳۰. البته این پاسخ غلط بود، اما برای مردمان عصر حجر خیلی هم خوب و کافی بود. همان‌طور که در صفحهٔ بعد خواهیم دید، تا وقتی که از خورشید و ستاره‌ها برای سنجش سال استفاده نکردند، نتوانستند به عدد درست برسند.



یک ماه چقدر است؟ ▲

یک ماه تقریباً مدت زمانی است که طول می‌کشد تا کرهٔ ماه یک‌بار به دور زمین بگردد. طی یک ماه می‌بینیم که کرهٔ ماه تغییر شکل می‌دهد زیرا مکانش نسبت به زمین و خورشید مدام تغییر می‌کند و همین باعث می‌شود از بخش نورخورده و بخش تاریک آن هر شب مقدارهای متفاوتی را ببینیم. درواقع ۲۷/۳ روز طول می‌کشد تا ماه یک دور کامل به دور زمین بگردد. به این عدد ماه نجومی می‌گوییم. اما زمان میان دو ماهِ نو یا دو ماهِ بدر کمی بیشتر است: یعنی ۲۹/۵ روز. علتِ این اختلاف این است که در حین گردش ماه به دور زمین، خود زمین هم به دور خورشید می‌گردد. در هر ماه، کُرهٔ ماه باید تقریباً دو روز بیشتر از یک دورِ کامل طی کند تا دوباره به حالت ماه نو برسد.



صفحهٔ گردش ماه به دور زمین نسبت به صفحهٔ گردش زمین به دور خورشید متمایل است

وقتی خورشید ماه را می‌خورد ▲

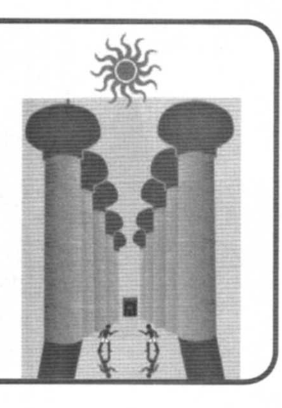
همین‌طور که ماه به دور زمین می‌گردد و می‌گردد، گاهی اتفاق می‌افتد که وارد سایهٔ زمین می‌شود. وقتی این اتفاق می‌افتد شاهد ماه‌گرفتگی یا خسوف خواهیم بود. طی خسوف، ماه با ورودش به سایهٔ تیرهٔ زمین، به رنگ قرمز تیره درمی‌آید. شاید بپرسید که چرا هر ماه شاهد خسوف نیستیم. علت این است که مدار کرهٔ ماه زاویه‌دار است. ماه معمولاً از بالا یا از پایین سایهٔ گردِ زمین می‌گذرد، اما هر چند ماه یک‌بار درست از میان سایه می‌گذرد و خسوف کامل و زیبایی رخ می‌دهد.

در پرتو خورشید

سنجش سال به‌کمک شمارش ماه‌ها برای مردمان عصر حجر مفید و کافی بود زیرا هرگز لازم نبود تاریخ دقیق را بدانند. اما حدود ۱۰,۰۰۰ سال پیش، مردم مجبور شدند کارهای‌شان را مرتب‌تر انجام بدهند. چیزی جالب رخ داد که سنجش دقیق سال را برای آن‌ها مهم و حیاتی کرد.

برای مردمان نخستین هرگز لازم نبود که زمان دقیقِ سال را بدانند زیرا زندگی ساده‌ای داشتند؛ آن‌ها از سویی به سوی دیگر می‌رفتند و تمام مایحتاج خود را از طبیعت گردآوری می‌کردند. آن‌ها تقویمی نداشتند، هیچ‌گاه تاریخ را نمی‌دانستند، و نمی‌توانستند تولدشان را جشن بگیرند. اما حدود ۱۰,۰۰۰ سال پیش، مردمان خاورمیانه دریافتند که می‌توانند گندم را، به جای گردآوری از طبیعت، خودشان بکارند. این نخستین کشاورزان به این ترتیب می‌توانستند دست‌کم در مکانی ثابت زندگی کنند و همین یک‌جانشینی آن‌ها بود که نخستین شهرهای جهان را شکل داد. برای این‌که بهترین برداشت را داشته باشند، می‌بایست در زمان درست می‌کاشتند و به این ترتیب در سنجش سال مهارت پیدا کردند.

کشاورزان مصر باستان مجبور بودند بذرهای خود را در زمستان بکارند زیرا رود نیل هر سال در تابستان طغیان می‌کرد و مزرعه‌ها را با آب می‌پوشاند. مصریان متوجه شدند که ستارهٔ شباهنگ هر سال نخستین بار در ابتدای تابستان، پیش از طغیان رود، در آسمان شب پدیدار می‌شود. بنابراین، طول سال را با شمارش روزهای پس از ظهور شباهنگ سنجیدند و به عدد ۳۶۵ روز رسیدند.



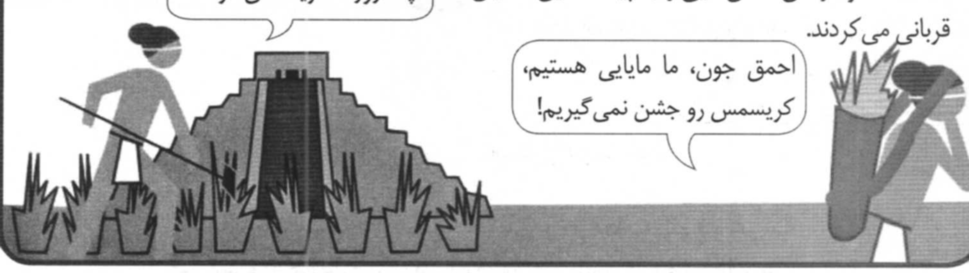
مصریان باهوش همچنین می‌دانستند که چطور سال را با ردیابی مکان طلوع خورشید در آسمان بسنجند. سنجش سال بهِ این روش آن‌قدر کار مهمی شد که خورشید در مقام خدایی قرار گرفت و مردم آن را پرستیدند. و البته جادوریاضی‌دانانی که می‌توانستند مکان خورشید را محاسبه و پیگیری کنند روحانیان این دین ابتدایی شدند. در کارناک، در جنوب مصر، روحانیونْ معبدِ بسیار شگفت‌انگیزی به احترام خورشید ساختند. ردیفی از ستون‌های عظیم طوری قرار گرفته بود که در روز میانیِ زمستان هر سالْ خورشیدِ در حال طلوع، پرتوِ نوری را به وسط راهروِ میان ستون‌ها و مستقیم به قلب معبد می‌تاباند.

سنگ سَردَر

سنگ‌های قربانگاه

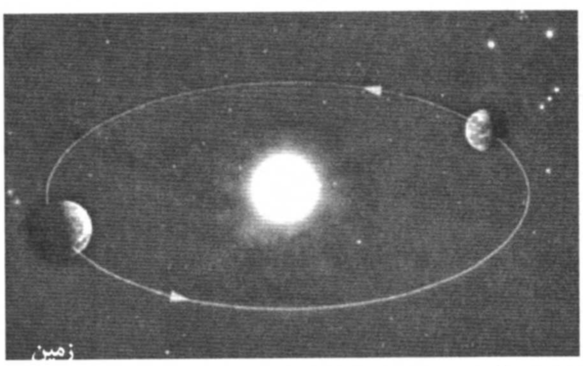
در همان زمانی که مصریان مشغول ساختن اهرام و معابد خود بودند، ریاضی‌دانان- روحانیان در اروپا نیز به ساختن معابدی برای خورشید مشغول بودند؛ زیرا خورشید به آن‌ها در استخراج تاریخ‌ها کمک می‌کرد. بنای استون‌هنج در انگلستان برای ردیابی حرکت خورشید طراحی شده بود و معلوم می‌کرد که روز میانی تابستان چه زمان از راه می‌رسید. فقط در همان روز بود که پرتویی از نور خورشیدِ در حالِ طلوعِ میانهٔ تابستان از میان دو «سنگ سَردَر» بیرون از دایرهٔ اصلی می‌گذشت و به «سنگ قربانگاه» مرکزی برخورد می‌کرد.

قوم مایا، که ساکن آمریکای مرکزی بودند، نیز دریافتند که چگونه بذرها را کشت کنند و نیز در سنجش سال مهارت پیدا کردند. آن‌ها نیز مانند مصریان و اروپاییان دریافتند که یک سال ۳۶۵ روز است و نیز به احترام تقویم مقدس و خورشید–خدای خود معابدی ساختند. هرم واقع در چیچِن‌ایتزا در مکزیک چهار طبقهٔ پلکانی با ۹۱ پله و سکّویی تخت بر بالایش دارد که مجموع تعدادشان را به ۳۶۵ می‌رساند؛ یعنی طول یک سال. مایاها در ریاضی بسیار درخشان اما همچنین بسیار هم خرافاتی بودند. برخی از قبایل آن‌ها برای احترام به خدایان و حفظ کشت‌وکارشان انسان‌هایی را به پیشگاه این خدایان قربانی می‌کردند.



مردمان باستان، با ردیابی خورشید و ماه، دریافته بودند که سال ۳۶۵ روز است.

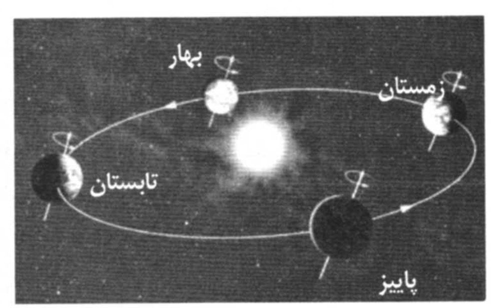
در هر سال، خورشید چندبار در قطب شمال غروب می کند؟



طول یک سال چقدر است؟ ▲

امروز می‌دانیم که یک سال درواقع کمی بیش از ۳۶۵ روز طول می‌کشد. در حقیقت ۳۶۵/۲۴۲۵ روز طول می‌کشد تا زمین یک بار به دور خورشید بگردد که خُب آن مقدار اضافی به اندازهٔ یک روز کامل نیست. بنابراین برای جبران کمبود، هر چهار سال یک‌بار یک روز به سال اضافه می‌کنیم (روز ۳۰ اسفند در تقویم شمسی و روز ۲۹ فوریه در تقویم میلادی) تا ۳۶۶ روز شود و به آن سال «کبیسه» می‌گوییم. و برای این‌که تقویم واقعاً دقیق شود، در هر صد سال یک‌بار سال کبیسه نداریم (البته در تقویم شمسی بعد از ۷ بار کبیسه‌های چهارساله یک‌بار کبیسهٔ پنج‌ساله می‌گیریم و باز به سراغ کبیسه‌های چهارساله می‌رویم). نمی‌دانم متولد شدن در ۳۰ اسفند خوش‌اقبالی است یا بدبیاری؟ فکر کنید، در آن صورت هر ۴ سال یک‌بار تولد درست‌وحسابی داشتید. اما این هم جالب است که بعد از ۶۰ سال زندگی فقط ۱۵ بار تولد گرفته‌اید، و می‌توانید خودتان را ۱۵ساله جا بزنید!

◀ چه چیزی عامل پدید آمدن فصل‌هاست؟



سیارهٔ زمین کاملاً صاف قرار نگرفته است؛ بلکه محورش نسبت به صفحهٔ استوای خورشید تمایل دارد و زمین حولِ این محور به دور خود می‌چرخد. چهار فصلِ بهار، تابستان، پاییز و زمستان به این سبب رخ می‌دهند که همین تمایل محور موجب می‌شود بخش‌هایی از زمین طی یک سال به سوی خورشید یا دور از آن متمایل شوند. در نیم‌کرهٔ شمالی، تابستان زمانی رخ می‌دهد که قطب شمال به سوی خورشید متمایل می‌شود و به این ترتیب کشورهای شمالی‌تر آفتابی‌تر و همراه با روزهای بلندتر می‌شوند. وقتی قطب شمال به سمت مخالف خورشید متمایل می‌شود، در شمال زمستان و در نیم‌کرهٔ جنوبی تابستان آغاز می‌شود.

یک بار. خورشید فقط سالی یک بار در هر قطب طلوع و غروب می کند و به همین سبب هم به دنبال هر طلوع در قطب ها شش ماه روز و بعد از هر غروب شش ماه شب داریم.

زاویه‌های قائمه

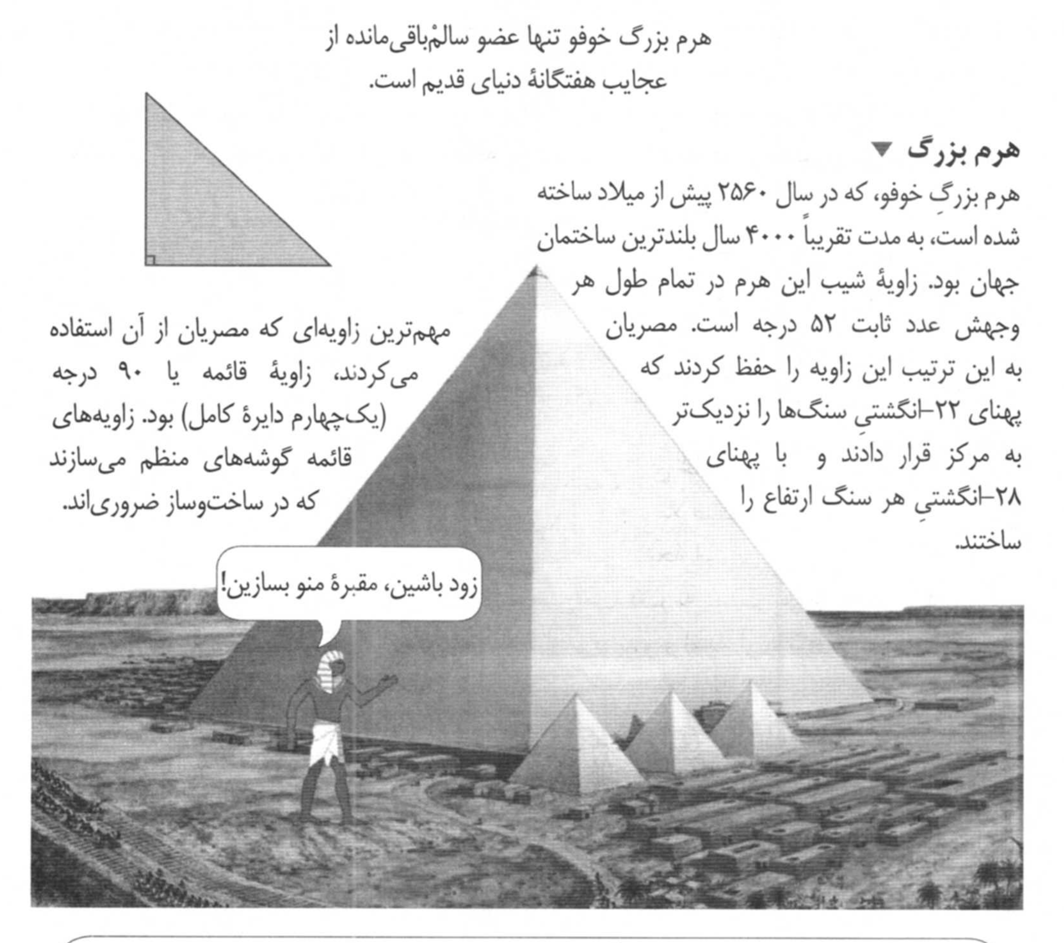
با گسترش کشاورزی و شکوفایی تمدن، مهارت‌های ریاضی مردم هم رشد یافت. مصریان از مهارت‌های اندازه‌گیری و سنجش خود برای طراحی و ساخت مقبره‌هایی استفاده کردند با قاعدهٔ مربع کامل و وجه‌های مثلث‌شکل؛ یعنی هِـرَم. آن‌ها برای ساختن اهرام می‌بایست در اندازه‌گیری و سنجش زاویه‌ها مهارت پیدا می‌کردند.

هرم بزرگ خوفو تنها عضو سالمْباقی‌مانده از عجایب هفتگانهٔ دنیای قدیم است.

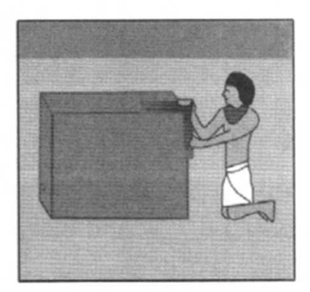
هرم بزرگ ▼

هرم بزرگِ خوفو، که در سال ۲۵۶۰ پیش از میلاد ساخته شده است، به مدت تقریباً ۴۰۰۰ سال بلندترین ساختمان جهان بود. زاویهٔ شیب این هرم در تمام طول هر وجهش عدد ثابت ۵۲ درجه است. مصریان به این ترتیب این زاویه را حفظ کردند که پهنای ۲۲-انگشتیِ سنگ‌ها را نزدیک‌تر به مرکز قرار دادند و با پهنای ۲۸-انگشتیِ هر سنگ ارتفاع را ساختند.

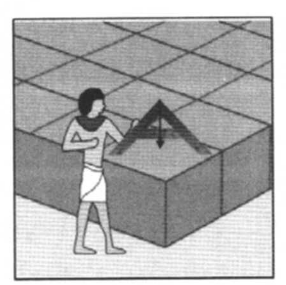
مهم‌ترین زاویه‌ای که مصریان از آن استفاده می‌کردند، زاویهٔ قائمه یا ۹۰ درجه (یک‌چهارم دایرهٔ کامل) بود. زاویه‌های قائمه گوشه‌های منظم می‌سازند که در ساخت‌وساز ضروری‌اند.



هرم بزرگ آن‌قدر سنگ دارد که بتوان با آن‌ها دیواری به ارتفاع ۲ متر و ضخامت ۱۸ سانتی‌متر از شهر قاهره در مصر تا قطب شمال ساخت.



هر قطعهٔ سنگ را با دست می‌بُریدند. گوشه‌ها می‌بایست زاویهٔ قائمه می‌بودند تا قطعات درست کنار هم جای بگیرند. سازندگانْ هر گوشه را با ابزاری به نام گونیا می‌سنجیدند.



برای این‌که مطمئن شوند سطح هر قطعه کاملاً صاف است، ابزاری مثلثی شکل را روی این سطح قرار می‌دادند تا ببینند آیا وزنهٔ آویزانْ درست در وسط قرار می‌گیرد یا خیر.

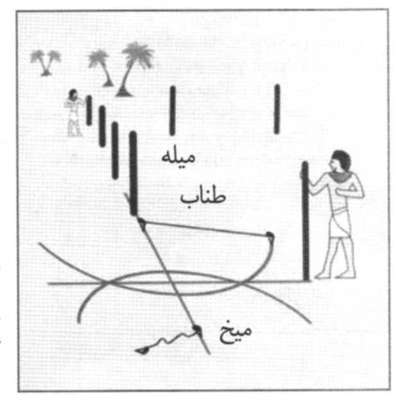


مصریان دست‌کم از سه ابزار استفاده می‌کردند تا مطمئن شوند که زاویه‌ها قائمه‌اند.

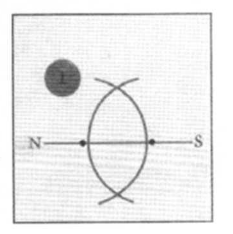
کناره‌های هر قطعه هم می‌بایست با زمین زاویه‌ای قائمه می‌داشتند. سازندگانْ این موضوع را به کمک ابزاری به نام شاقول، وزنه‌ای که از نخی آویزان است، بررسی می‌کردند.

◀ طراحی قاعدهٔ هرم

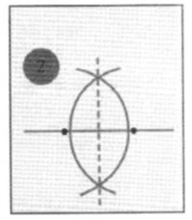
یکی از دشوارترین مسائل برای مصریان این بوده است که قاعدهٔ هرم کاملاً مربع با گوشه‌های قائمه باشد. گوشه‌ها را می‌توانستند با استفاده از میخ و طناب، و به کمک روشی که در زیر نمایش داده شده است، مشخص کنند. همچنین سطح زمین می‌بایست کاملاً هموار می‌بود. آن‌ها به این ترتیب زمین‌ها را هموار می‌کردند که گودال‌هایی پُر از آب می‌ساختند و زمین را با سطح آب هم‌تراز می‌کردند. سپس گودال‌ها را دوباره پُر می‌کردند.



مصریان، همان‌طور که باید از قائمه بودن گوشه‌ها مطمئن می‌شدند، می‌بایست وجه‌ها را هم کاملاً مستقیم می‌ساختند. شاید آن‌ها برای این کار، میله‌هایی در زمین قرار می‌دادند و در امتداد آن‌ها نگاه می‌کردند تا از مستقیم بودن‌شان اطمینان حاصل کنند.



خطی دقیقاً در راستای شمال-جنوب می‌کشیدند و دو نقطه را روی آن علامت‌گذاری می‌کردند. بعد این دو نقطه را مرکز قرار می‌دادند و دو دایره می‌کشیدند که یکدیگر را قطع کنند.



از نقاط تقاطعِ دو دایره خطی صاف می‌کشیدند تا زاویهٔ کاملاً قائمه‌ای بسازند. و این خط جدید دقیقاً در راستای غرب-شرق قرار می‌گرفت.



یافتن شمال ▲

اگر اهرام مصر را از بالا و از دید ماهواره‌ها تماشا کنیم، درمی‌یابیم که هرم‌ها دقیقاً هم‌راستای سوزن قطب‌نما ساخته شده‌اند. درحالی‌که آن‌ها هزاران سال پیش از اختراع قطب‌نمای مغناطیسی ساخته شده‌اند، پس سازندگان آن‌ها چگونه به چنین شاهکار شگفت‌انگیزی دست زده‌اند؟ مصریان با نگاه کردن به سایه‌ها در هنگام ظهر (که همیشه شمال را نشان می‌دهد) یا با رصد ستارهٔ قطبی در شب می‌توانستند جهت شمال را بیابند. سپس با کشیدن خطی مستقیم در امتداد شمال–جنوب می‌توانستند جهت‌های شرق و غرب را نیز بیابند.

حقایقی دربارهٔ اهرام ▼

هرم بزرگ از ۲/۳ میلیون قطعه سنگ آهکی ساخته شده است که برخی از آن‌ها وزنی تا ۱۵ تُن دارند. این قطعات سنگی چنان دقیق در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند که حتی نمی‌توانید یک کارت اعتباری را در شکاف بین آن‌ها جای دهید.

این هرم‌ها پیش از اختراع چرخ ساخته شده‌اند. سنگ‌های سنگین را با قایق‌های الواری در امتداد رود نیل حمل می‌کردند و سپس آن‌ها را روی غلتک‌هایی می‌گذاشتند تا از سطوح سنگی شیب‌دار ویژه‌ای به سوی بالا حمل شوند.

این هرم‌ها وقتی ساخته شدند به رنگ سفید براق و خیره‌کننده‌ای بودند با سطوحی چنان هموار و صیقلی که بالا رفتن از آن‌ها ناممکن بود. سر هر هرم را پوششی از طلا پوشانده بود.

اندازه‌گیری زمین

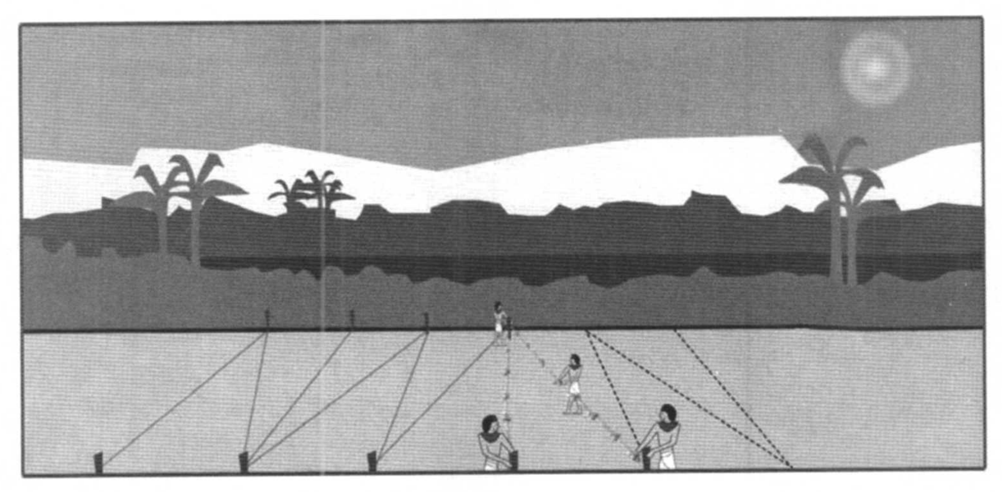
مصر در صحرای آفریقا قرار دارد که یکی از داغ‌ترین و خشک‌ترین نقاط روی زمین است. اما به لطف وجود رود نیل، که از میان این کویر می‌گذرد، نوار باریکی از خشکیِ حاصلخیز در میان این صحرا وجود دارد که برای کشاورزی عالی است. قرن‌های متمادی، کشاورزان در سواحل رود نیل، گندم کاشته و برداشت کرده‌اند. راز حاصلخیزی این زمین‌ها طغیان سالانهٔ رود است. در زمان‌های باستان، پیش از ساخته شدن سدها بر روی نیل، این رودخانه هر تابستان بر کرانه‌های خود طغیان و مزرعه‌ها را غرق در سیلاب می‌کرد. وقتی این آب خشک می‌شد، زیرش گِلی عالی و غنی از مواد مغذّی باقی می‌ماند که خاک را حاصلخیز می‌کرد.



طغیان سالیانهٔ نیل همچنین مرزهای مزرعه‌ها را می‌شُست و از بین می‌برد، بنابراین هر سال کشاورزان مصری مجبور بودند زمین‌ها را دوباره مرزبندی کنند. این کاری مهم بود. کشاورزان می‌بایست اندازهٔ دقیق زمین خود را می‌دانستند زیرا حاکمان مالیات را بر اساس مساحت زمین‌شان از آن‌ها می‌گرفتند. کشاورزان، برای تقسیم‌بندی زمین‌ها، از طناب‌های بلندی استفاده می‌کردند که روی آن‌ها گره‌هایی در فواصل معین زده شده بود. آن‌ها طناب را به‌شکل مثلث درمی‌آوردند و گره‌ها را روی هر ضلع می‌شمردند تا شکل درست را درآورند، و سپس گوشه‌های مثلث را با میخ به زمین محکم می‌کردند.

مثلثی با اضلاعی به درازای ۵، ۱۲ و ۱۳ واحد همیشه گوشه‌ای قائمه دارد.

رود نیلْ آب را به کویر می‌آورد و پوشش گیاهی انبوه کرانه‌هایش را تغذیه می‌کند.



کشاورزان می‌دانستند که مثلثی با اضلاعی به درازای ۳، ۴، و ۵ واحد همیشه گوشه‌ای قائمه دارد؛ همچنین مثلثی با اضلاعی به درازای ۵، ۱۲ و ۱۳ واحد. با متصل کردن دو مثلث قائم‌الزاویه به یکدیگر، می‌توانستند زمین‌هایی مستطیل‌شکل با مساحت مشخص درست کنند. تقسیم زمینی دراز با این روش به مستطیل‌های مساوی برای کشاورزان کاری سریع و آسان بود. روش کار چنین بود که هر بار میخی را درمی‌آوردند، طناب را حرکت می‌دادند تا مثلث بعدی را بسازند.

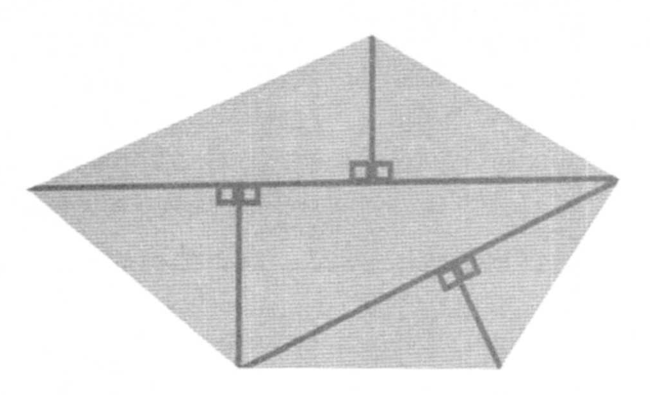
اندازه‌گیری مساحت ◄

بیشتر زمین‌های کشاورزان احتمالاً مستطیل‌هایی ساده بودند. اما اگر زمینیْ شکلی نامتعارف داشت چه می‌شد؟ مالیات‌گیران چگونه می‌توانستند مساحت چنین زمینی را اندازه‌گیری و مالیات صاحبش را محاسبه کنند؟ مصریان، با اندکی هوش، توانسته بودند این مسئله را هم به‌کمک مستطیل‌ها حلّ کنند.



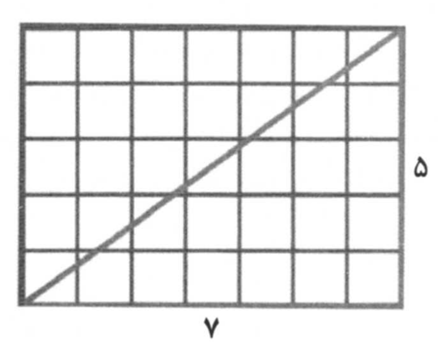
این تصویر هیروگلیفْ کشاورزان مصری را نشان می‌دهد که می‌خواهند، با طنابی گره‌دار، مزرعهٔ گندم‌شان را اندازه‌گیری کنند.





هر شکلی را، که اضلاعی صاف داشته باشد، می‌توان با رسم خطوطی مستقیم درونش به مثلث‌های قائم‌الزاویه تقسیم کرد.

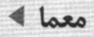




به دست آوردن مساحت هرکدام از مثلث‌ها آسان است زیرا هر مثلث قائم‌الزاویه نصف مستطیل است.

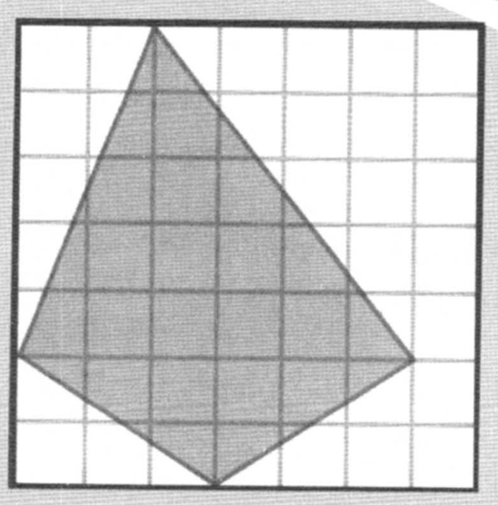
۳ بنابراین عرض مستطیل را در طول آن ضرب و حاصل را بر ۲ تقسیم می‌کنید و سپس مساحت تمام مثلث‌ها را با هم جمع می‌کنید.

۵×۷=۳۵ ← ۳۵ : ۲=۱۷/۵



معما ◄

از روش بالا استفاده کنید و ببینید که آیا می‌توانید مساحت این شکل چهارضلعی را به دست آورید، فرض کنید مساحت هر مربع خاکستری یک سانتی‌متر مربع است. پاسخ را در انتهای کتاب می‌یابید.



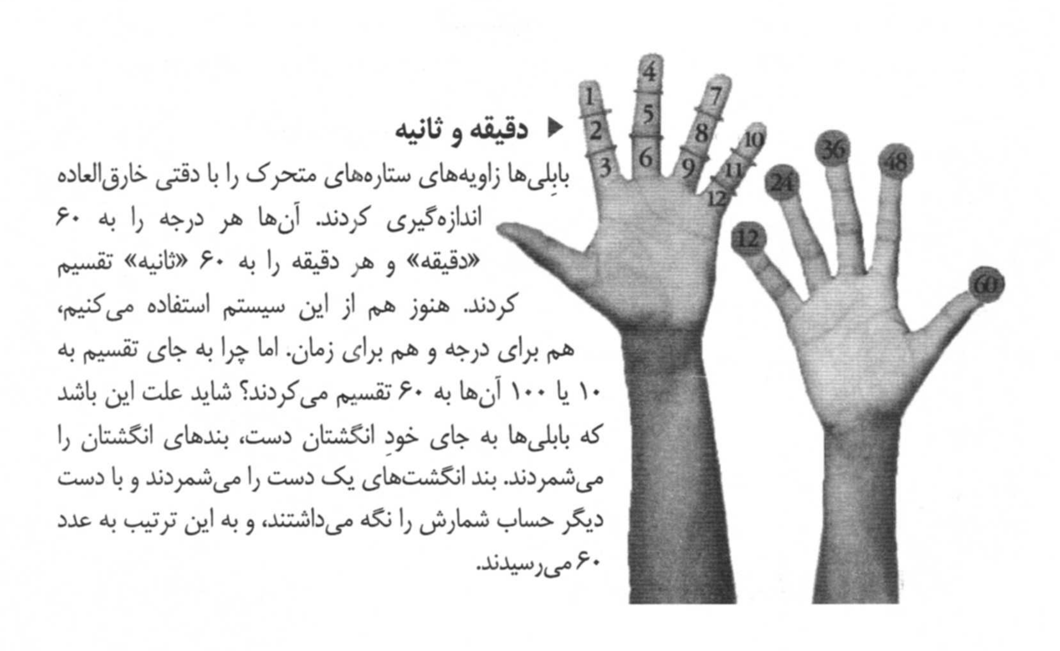
تمامْ‌یونانی

تماشای ستاره‌ها، ساختن اهرام، و اندازه‌گیری زمین به مصریان در فهم زاویه‌ها و مثلث‌ها بسیار کمک کرد. تخصص آن‌ها به تمدنی پس از آن‌ها منتقل شد؛ یعنی تمدن یونان باستان. یونانی‌ها چیزهای بیشتری دریافتند و دانش‌شان دربارهٔ مثلث‌ها و شکل‌ها را به شاخه‌ای جدید از ریاضیات تبدیل کردند: هندسه (که لغت انگلیسی آن، «geometry»، به معنای اندازه‌گیری زمین است).

اندازه‌گیری زاویه‌ها ◄

رصدگران بابِل باستانْ (عراق امروزی) متوجه شدند که ستاره‌ها هر شب در جایی اندکْ متفاوت نسبت به شب قبل طلوع می‌کنند و در طول سال دایره‌ای را طی می‌کنند. آن‌ها این تغییرات کوچک روزانه را «درجه» نامیدند و از آنجا که در هر سال حدود ۳۶۰ روز وجود داشت (بر اساس تقویم بابِلی)، دایره را هم به ۳۶۰ درجه تقسیم کردند. امروزه ما هنوز برای اندازه‌گیری زاویه‌ها از واحد درجه استفاده می‌کنیم که درواقع فقط کسری از محیط دایره‌ای کامل‌است.

◄ دقیقه و ثانیه

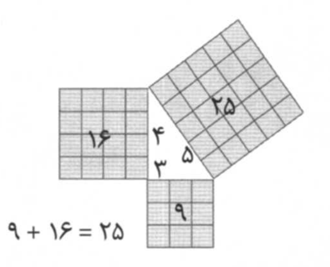


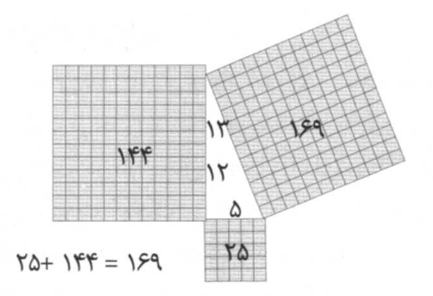
بابِلی‌ها زاویه‌های ستاره‌های متحرک را با دقتی خارق‌العاده اندازه‌گیری کردند. آن‌ها هر درجه را به ۶۰ «دقیقه» و هر دقیقه را به ۶۰ «ثانیه» تقسیم کردند. هنوز هم از این سیستم استفاده می‌کنیم، هم برای درجه و هم برای زمان. اما چرا به جای تقسیم به ۱۰ یا ۱۰۰ آن‌ها به ۶۰ تقسیم می‌کردند؟ شاید علت این باشد که بابلی‌ها به جای خودِ انگشتان دست، بندهای انگشتان را می‌شمردند. بند انگشت‌های یک دست را می‌شمردند و با دست دیگر حساب شمارش را نگه می‌داشتند، و به این ترتیب به عدد ۶۰ می‌رسیدند.



مثلث‌ها و مربع‌ها

یکی از بزرگ‌ترین جادوریاضی‌دانان مردی بود به نام فیثاغورس. او شیفتهٔ مثلث‌های قائم‌الزاویه بود که مصریان برای اندازه‌گیری زمین استفاده می‌کردند. مصریان کشف کرده بودند که مثلثی با اضلاعی به درازای ۳، ۴ و ۵ واحد یا ۵، ۱۲ و ۱۳ واحد حتماً قائم‌الزاویه است. فیثاغورس چیز دیگری را کشف کرد. او بر اضلاع این مثلث‌ها مربع‌هایی رسم کرد و دریافت که مجموع مساحت‌های مربع‌های کوچک‌تر برابر است با مساحت مربع بزرگ‌تر. آنگاه او گامی جلوتر رفت و، با استفاده از منطق ریاضی، ثابت کرد که همهٔ مربع‌های روی اضلاع مثلث‌ها همیشه چنین خاصیتی دارند. او یک قانون ریاضی را کشف کرده بود.





فیثاغورث ریاضی را به نوعی دین تبدیل کرد که خودش هم روحانی اعظم آن بود. گروه پیروان سَرسپردهٔ او برای شناسایی یکدیگر از رمزهای مخفی ریاضی استفاده می‌کردند. آن‌ها همه بر این باور بودند که پشت هر چیز، از حرکت ستاره‌ها تا اصوات موسیقی، الگوهای ریاضی نهفته است.

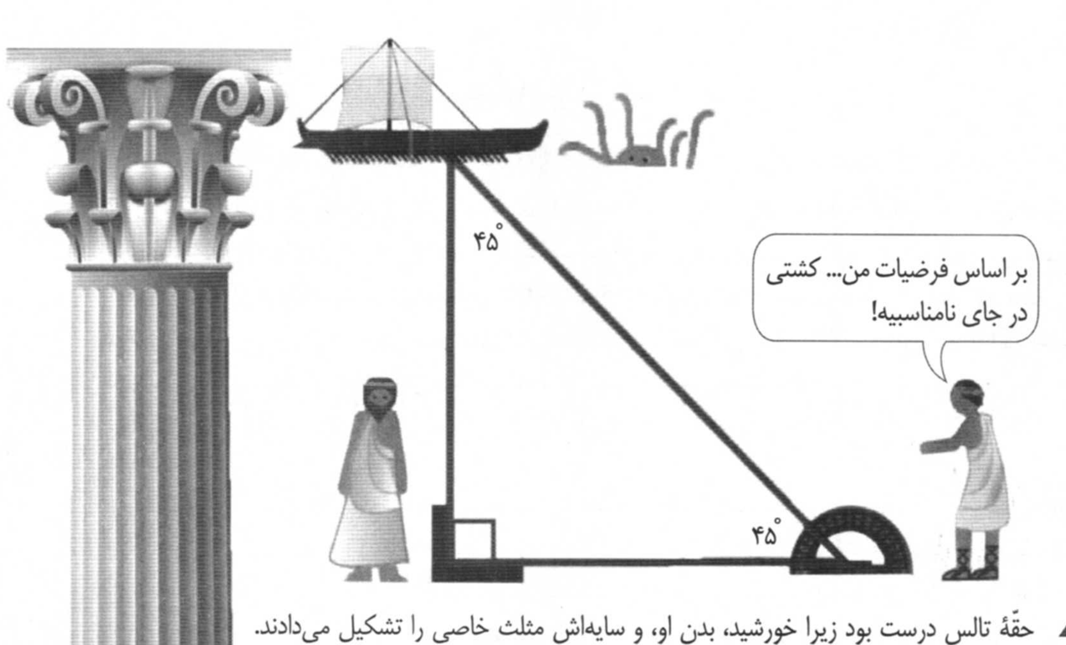
قدّ من، بی سایهٔ هیچ تردیدی، به اندازهٔ قدّ سایه‌ام است!

حقّه‌های مثلثی

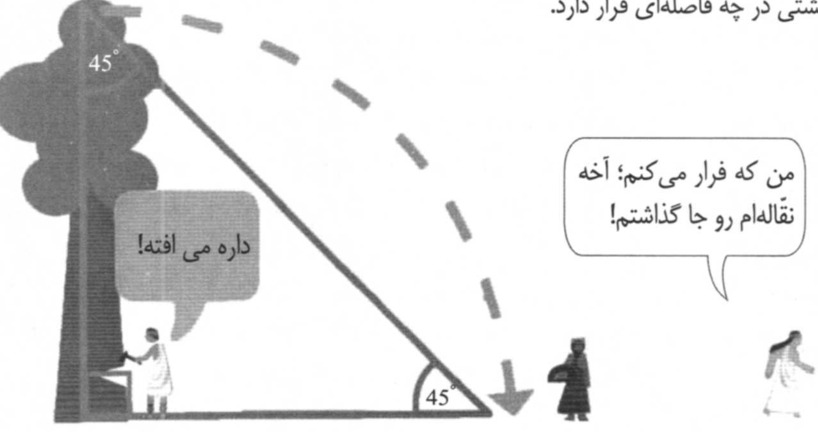
ریاضی‌دان یونانی دیگری به نام تالِس، با استفاده از دانش خود دربارهٔ مثلث‌ها، به راهی زیرکانه برای اندازه‌گیری ارتفاع اجسام، بدون نیاز به بالا رفتن از آن‌ها، اندیشید. صبر کنید تا طول سایه‌تان روی زمین هم‌اندازهٔ قدّتان شود. در آن لحظه هرچیز دیگری – از درختان تا معابد – سایه‌ای هم‌قدّ ارتفاع خود دارد. آنگاه می‌توانید به‌سادگی طول سایه‌شان را بسنجید تا به ارتفاع‌شان پی ببرید.

45° y $x = y$ 45° x

وقتی خورشید با زاویهٔ ۴۵ درجه می‌تابد، طول سایهٔ شما با قدّتان یکی است.



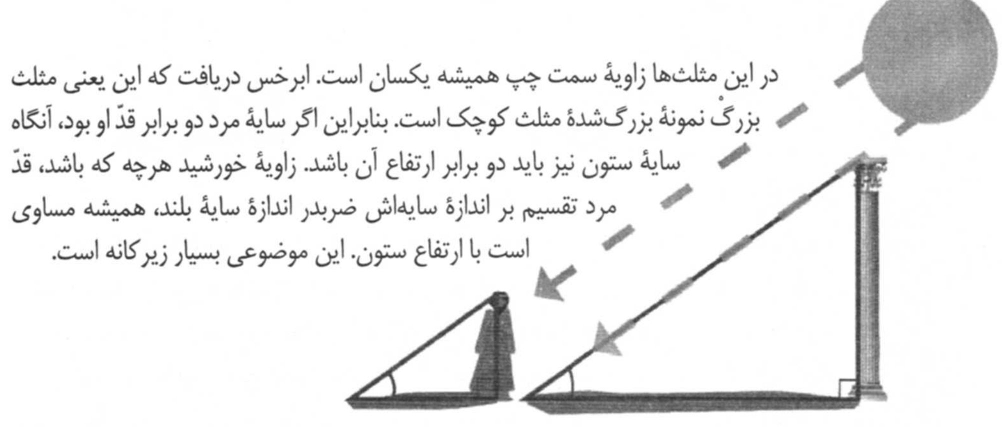
▲ حقّهٔ تالس درست بود زیرا خورشید، بدن او، و سایه‌اش مثلث خاصی را تشکیل می‌دادند. یک گوشهٔ این مثلث زاویهٔ قائمه (۹۰ درجه) و دو گوشهٔ دیگر هر دو ۴۵ درجه (یعنی نصف زاویهٔ قائمه) هستند. یونانیان می‌دانستند که اگر در مثلثیْ دو زاویه با هم برابر باشند، آنگاه دو ضلع مثلث هم باید با هم برابر باشند. چنین مثلثی را می‌توان برای اندازه‌گیری چیزهای دیگر هم به کار برد. فرض کنید می‌خواهید بدانید فاصلهٔ یک کشتی تا ساحل چقدر است. تمام آنچه که باید انجام بدهید یافتن نقطه‌ای است که کشتی در زاویهٔ قائمه نسبت به ساحل و نیز نقطه‌ای که کشتی در زاویهٔ ۴۵ درجه نسبت به ساحل قرار داشته باشد. فاصلهٔ میان این دو نقطه به شما می‌گوید که کشتی در چه فاصله‌ای قرار دارد.



وقتی چوب‌بُری درختی را می‌بُرّد، چقدر نزدیک به درخت می‌توانید بایستید بدون این‌که زیر درخت لِه شوید؟ دست‌کم باید به اندازهٔ قدّ درخت از آن دور شوید (برای احتیاط باز هم دورتر بایستید). اگر زاویه از روی زمین، جایی که ایستاده‌اید، تا نوک درخت ۴۵ درجه یا بیشتر است، زیادی نزدیک‌اید. اما اگر زاویه کوچک‌تر است، از ارتفاع درخت دورترید. قانونی مفید این است که از مثلث ۳، ۴، ۵ استفاده کنید (به‌طوری‌که ضلع ۴ روی زمین قرار بگیرد) که به درخت اندکی فضا برای بازی می‌دهد.

استفاده از دو مثلث

اندازه‌گیری ارتفاع هر جسمی، وقتی خورشید با زاویهٔ ۴۵ درجه می‌تابد، آسان است. اما اگر پرتوهای خورشید با زاویهٔ دیگری به زمین بتابند، تکلیف چیست؟ ریاضی‌دان یونانی دیگری، به نام اَبَرخُس، پاسخ را می‌دانست. او می‌توانست ارتفاع ستون را با استفاده از دو سایه به دست آورد: یکی سایهٔ خود ستون و دیگری سایهٔ جسمی کوچک‌تر مانند انسان که اندازه‌گیری ارتفاعش آسان‌تر است. این سایه‌ها دو مثلث قائم‌الزاویه می‌سازند که اندازه‌شان متفاوت اما شکل‌شان یکسان است.

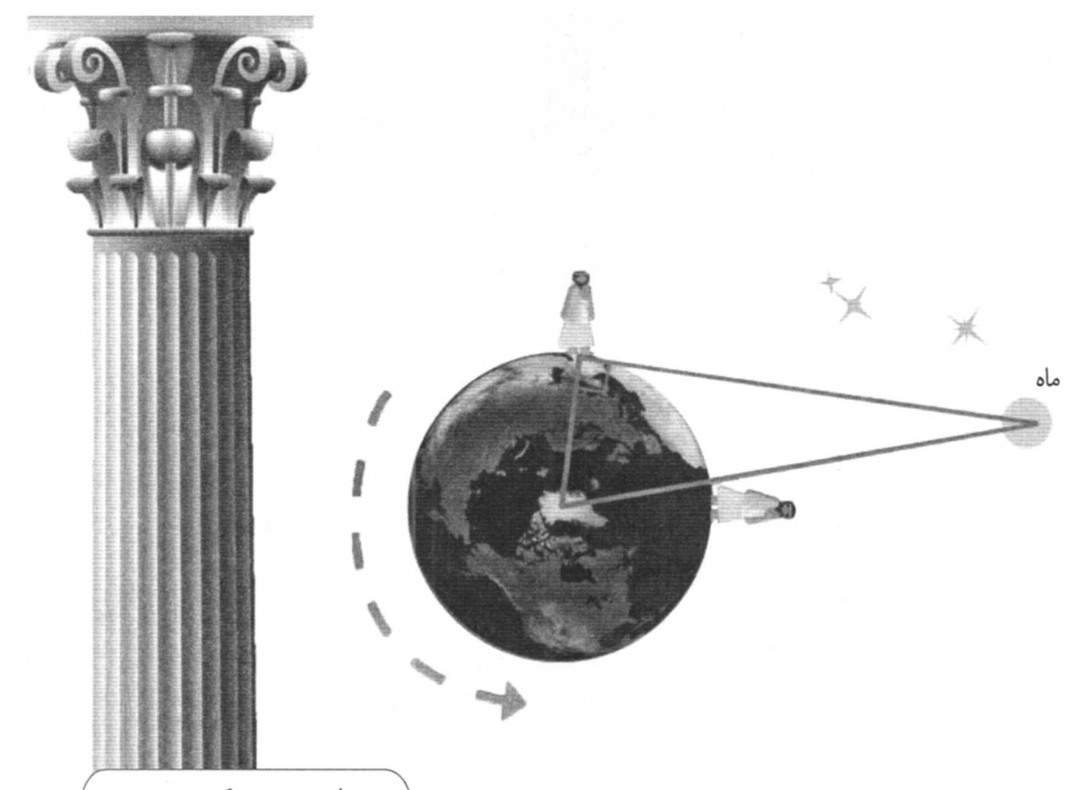


در این مثلث‌ها زاویهٔ سمت چپ همیشه یکسان است. ابرخس دریافت که این یعنی مثلث بزرگْ نمونهٔ بزرگ‌شدهٔ مثلث کوچک است. بنابراین اگر سایهٔ مرد دو برابر قدّ او بود، آنگاه سایهٔ ستون نیز باید دو برابر ارتفاع آن باشد. زاویهٔ خورشید هرچه که باشد، قدّ مرد تقسیم بر اندازهٔ سایه‌اش ضربدر اندازهٔ سایهٔ بلند، همیشه مساوی است با ارتفاع ستون. این موضوعی بسیار زیرکانه است.

مثلثات ▼

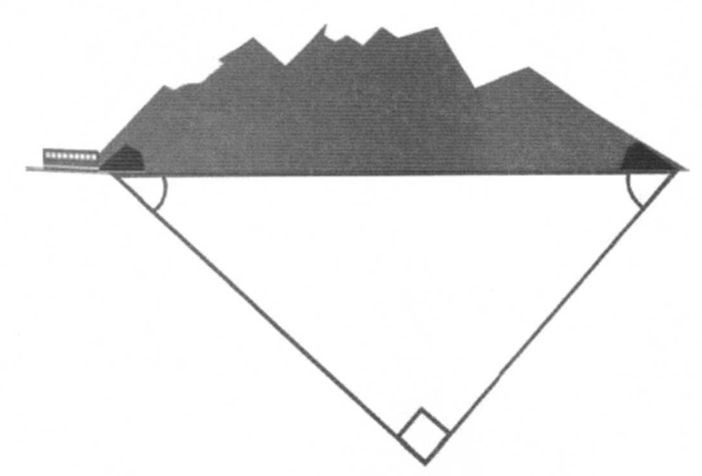
ابرخس از این هم پیش‌تر رفت. او دریافت که حتی به دو مثلث هم نیاز ندارد؛ می‌توانست همهٔ این کارها را با فقط یک مثلث هم انجام بدهد. سایهٔ فردی را تصور کنید که با بالا رفتن خورشید، کوتاه‌تر می‌شود. هرچه زاویهٔ تابش پرتوهای خورشید بازتر می‌شود، سایهٔ فرد (ب) کوتاه‌تر می‌شود. بنابراین نسبت قدّ فرد به سایه‌اش (یعنی الف تقسیم بر ب) باید بزرگ‌تر شود. این نسبت را تانژانت زاویه می‌نامیم. به همین ترتیب، نسبت قدّ فرد به طول ضلع شیب‌دار مثلث را سینوس زاویه و نسبت سایه به ضلع شیب‌دار را کسینوس زاویه می‌نامیم. ابرخس این نسبت‌ها را برای هر زاویهٔ ممکنی به دست آورد و این اعداد را در جدولی تنظیم کرد. او، با استفاده از این جدول، می‌توانست ارتفاع هر مثلث قائم‌الزاویه‌ای را فقط با دانستن یکی از زوایا و طول یکی از اضلاع به دست آورد. او شاخهٔ جدیدی را در ریاضیات پدید آورد به نام مثلثات.

۲۰° ۳۰° ۴۵° ۶۰°
الف
ب ب ب ب

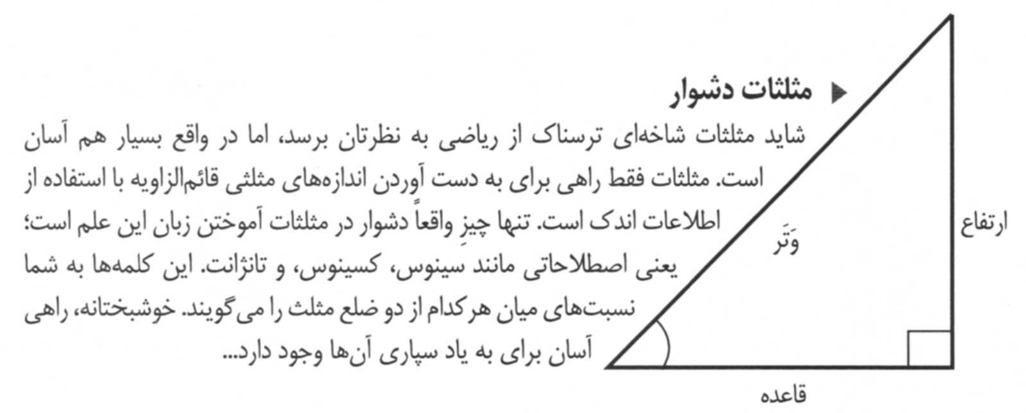


اندازه‌گیری اندازهٔ ماه ▲

ابرخسْ مثلثات را فقط به این سبب ابداع نکرد که ارتفاع اشیاء را بسنجد. او از این علم برای بررسی حرکت‌های خورشید، ماه، و سیاره‌ها بهره می‌برد. او از ریاضیاتی زیرکانه استفاده کرد تا فاصلهٔ ماه از زمین را محاسبه کند. برای این کار، او اندازه و مکان ماه را وقتی درست بالای سر بود سنجید و این اندازه‌ها را با زمانی که ماه در افق بود مقایسه کرد. او با رسم مثلثی قائم‌الزاویه به‌درستی حساب کرد که فاصلهٔ ماه از زمین ۳۰ برابر قطر زمین است.



▲ مثلثات در زندگی امروز ما هم نقشی مهم دارد؛ از محاسبهٔ نیرویی واردشده از یک انبردست تا حفر تونل‌ها. در سال ۱۹۰۵ میلادیْ سازندگانِ سازه‌ها با استفاده از علم مثلثات، تونل سیمپلون را در دل کوه‌های آلپ ساختند. آن‌ها از هر دو سوی کوه به حفر تونل پرداختند؛ اما خُب نمی‌توانستند با نگاه کردن به درون تونل‌ها مسیر درست را پیدا کنند زیرا کوه سر راه‌شان بود! بنابراین، در عوض، مثلثی فرضی خلق کردند که دو انتهای تونل را به هم وصل می‌کرد به اضافهٔ نقطه‌ای دیگر که از آنجا می‌شد دو انتهای تونل را دید. آن‌ها زاویه‌ها را به دست آوردند و شروع به حفاری کردند. سرانجام دو گروه در میانهٔ کوه به هم رسیدند و خطای کارشان فقط ۱۰ سانتی‌متر بود.



▶ مثلثات دشوار

شاید مثلثات شاخه‌ای ترسناک از ریاضی به نظرتان برسد، اما در واقع بسیار هم آسان است. مثلثات فقط راهی برای به دست آوردن اندازه‌های مثلثی قائم‌الزاویه با استفاده از اطلاعات اندک است. تنها چیزِ واقعاً دشوار در مثلثات آموختن زبان این علم است؛ یعنی اصطلاحاتی مانند سینوس، کسینوس، و تانژانت. این کلمه‌ها به شما نسبت‌های میان هرکدام از دو ضلع مثلث را می‌گویند. خوشبختانه، راهی آسان برای به یاد سپاری آن‌ها وجود دارد...

این چیزی است که در مدرسه می‌آموزید:

سینوس = ارتفاع تقسیم بر وتر
کُسینوس = قاعده تقسیم بر وتر
تانژانت = ارتفاع تقسیم بر قاعده

خُب، حالا چطور باید این‌ها را به خاطر بسپارید؟ آسان است. فقط کافی است کلمهٔ رمزی ساوکُقوتاق را به یاد داشته باشید. یا سعی کنید این نصفه‌جمله را همیشه به یاد داشته باشید: «ساک ابراهیم و کفش قرمزش وسط تنورِ اتاق...»!

دنیای گِرد

تا حدود ۳۰۰۰ سال پیش، مردم درست نمی‌دانستند که دنیا چه شکلی یا چه اندازه‌ای است. در بین‌النهرین (عراق امروزی)، مردم فکر می‌کردند دنیا قرصی تخت و شناور در اقیانوسی عظیم است. در دیگر نقاط در خاورمیانه مردم فکر می‌کردند دنیا گنبدی عظیم با روزنه‌هایی درون آن است که خورشید از میان‌شان طلوع و غروب می‌کند. تا زمانی که دریانوردان شروع به کاوش دریاها کردند مردم این واقعیت اعجاب‌انگیز را نمی‌دانستند: دنیا گرد است؛ آن‌قدر گرد که کُره شده است.

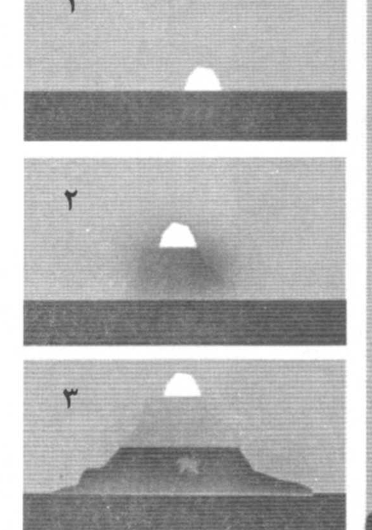
◀ دریانوردان فینیقی

احتمالاً نخستین مردمانی که دریافتند دنیا گرد است فینیقی‌ها بودند که حدود ۳۰۰۰ سال پیش در سرزمینی می‌زیستند که امروز به آن لبنان می‌گوییم. سرزمین فینیقیه، برخلاف کویرهای عربستان و آفریقای شمالی، سبز بود و کوه و جنگل داشت. فینیقی‌ها از چوب‌های جنگلی برای ساختن کشتی‌های قدرتمند استفاده می‌کردند؛ کشتی‌هایی که صدها کیلومتر را در دریای مدیترانه و فراتر از آن می‌پیمودند. آن‌ها به سوی جنوب و آفریقا سفر می‌کردند تا برده بخرند و به سوی شمال و جزایر سیلی بریتانیا می‌رفتند تا برنز بخرند.



◀ یه خشکی می‌بینم!

فینیقی‌ها نکتهٔ جالبی را در این‌باره کشف کردند که وقتی با کشتی به ساحل نزدیک می‌شدند خشکی‌ها چگونه در برابرشان پدیدار می‌شد. فقط قضیه این نبود که مثلاً جزیره‌ای را می‌دیدند که به‌مرور بزرگ‌تر می‌شد، بلکه خشکی‌ها از بالا به پایین در برابر چشمان‌شان ظاهر می‌شدند. نخست، نوک قلهٔ کوه‌ها پدیدار می‌شد. بعد شیب‌ها و دامنه‌های کمی پایین‌تر را می‌دیدند، و سرانجام ساحل را می‌دیدند. به همین ترتیب، تاجرانی که در ساحل منتظر رسیدنِ کشتی بودند نخست نوک دکل کشتی را می‌دیدند، بعد بادبان، و سپس کلِّ بدنهٔ کشتی پدیدار می‌شد. هربار که فینیقی‌ها به سفر می‌رفتند همین اتفاق رخ می‌داد و به نظر می‌رسید که سطح دریاها تخت نبود و انحنا داشت.

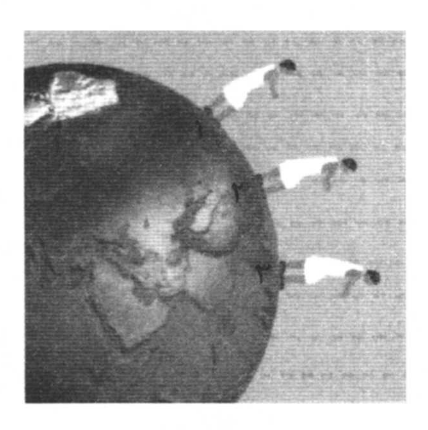


ارتفاع بالاتر از سطح دریا	فاصله‌ای که دریانورد می‌تواند ببیند
۱/۵ متر	۵ کیلومتر
۳ متر	۷ کیلومتر
۶ متر	۱۰ کیلومتر
۱۲ متر	۱۴ کیلومتر
۱۸ متر	۱۷ کیلومتر
۳۰ متر	۲۲ کیلومتر

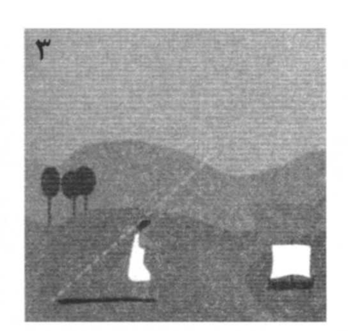
از دید دریانورد ▲

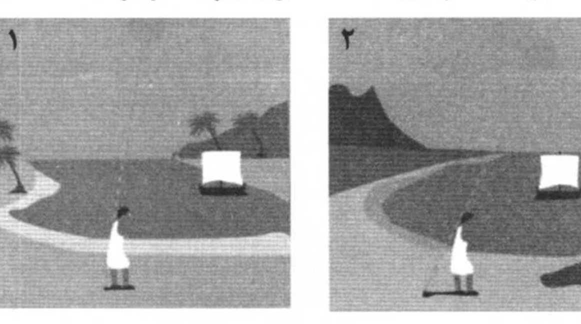
فاصله‌ای که هر دریانورد می‌تواند ببیند به ارتفاع چشمان او بستگی دارد. کمی بالاتر از سطح دریا منجر به تفاوتی بزرگ می‌شود؛ حتی ایستادن بر شانه‌های کسی دیگر باعث می‌شود بتوانید تا بیش از یک کیلومتر دورتر را ببینید. برای این‌که دو برابر دورتر را ببینید، باید در ارتفاع چهار برابر بایستید. دریانوردان، برای به دست آوردن بهترین دید، عادت داشتند که به بالای دکل کشتی بروند.

◀ دریانوردی به کمک خورشید

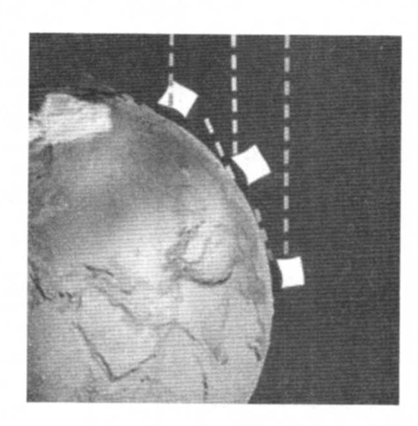


فینیقی‌ها هیچ قطب‌نمایی نداشتند تا آن‌ها را راهنمایی کند اما می‌توانستند فواصلی طولانی را با دنبال کردن خطّ ساحل، بدون گم شدن، دریانوردی کنند. آن‌ها در سفرهای طولانی خود به بریتانیا و آفریقا دریافتند که خورشید نیم‌روز در شمال ارتفاع کمتری دارد و به این ترتیب سایه‌ها در هنگام ظهر درازتر می‌شوند. اما ارتفاع خورشید در جنوب بیشتر و درنتیجه سایه‌های ظهر کوتاه‌ترند. علت این اختلافْ شکل گرد زمین بود که موجب می‌شد خورشیدِ ظهر در مکان‌های مختلف با زاویه‌های متفاوت بتابد. فینیقی‌ها دریافتند که می‌توانند با استفاده از ارتفاع خورشیدِ ظهر و طول سایه‌ها بفهمند که چقدر به سمت شمال یا جنوب سفر کرده‌اند.

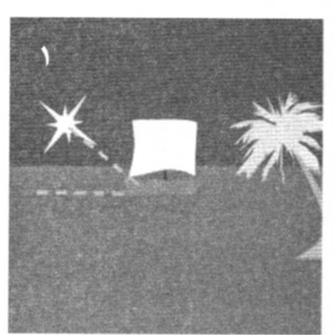


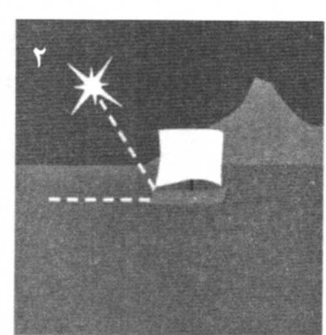


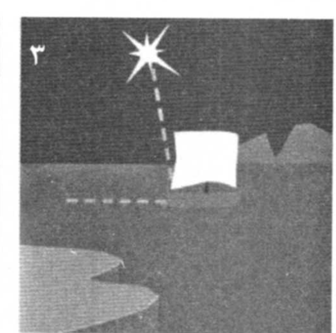
◀ دریانوردی به کمک ستاره‌ها



رصدگران باتجربهٔ آسمان شب می‌دانند که با وجودی که اغلب ستاره‌ها طی شب در آسمان جابه‌جا می‌شوند، یکی در میانهٔ این «گردونه» هست که همیشه ثابت است؛ ستارهٔ قطبی. ستارهٔ قطبی همواره شمال را نشان می‌دهد و دریانوردان در طول تاریخ همیشه از آن به جای نوعی قطب‌نما استفاده کرده‌اند. وقتی فینیقی‌ها دورتادور آفریقا سفر می‌کردند دریافتند که هرچه به سمت شمال می‌روند ارتفاع ستارهٔ قطبی در آسمان به‌مرور افزایش می‌یابد و هرچه به سمت جنوب می‌روند از ارتفاعش کاسته می‌شود. ارتفاع ستاره از افق محک بهتری نسبت به مکان خورشید برای دانستن مسافت طی‌شده به سوی شمال یا جنوب بود، زیرا ستارهٔ قطبی طی شب یا طی فصل‌ها در آسمان حرکت نمی‌کرد.







◀ عرض جغرافیایی

خورشید و ستاره‌ها به مردمان باستان در سنجش سال کمک کرده بودند. حالا فینیقی‌ها دریافته بودند که می‌توانند با استفاده از آن‌ها به مکان خود روی سطح خمیدهٔ زمین پی ببرند. آن‌ها روشی نه‌چندان آسان برای اندازه‌گیری چیزی را کشف کرده بودند که امروز آن را عرض جغرافیایی می‌نامیم. عرض جغرافیایی زاویهٔ میان خط استوا (میانهٔ زمین) و هر نقطهٔ دیگری روی زمین است و به شما می‌گوید که روی نقشهٔ زمین نسبت به خط استوا چقدر بالاتر یا پایین‌تر (شمال‌تر یا جنوب‌تر) هستید. دریانوردان بعدی کشف کردند که می‌توان عرض جغرافیایی را با اندازه‌گیری ارتفاع ستارهٔ قطبی در آسمان به دست آورد. اما همان‌طور که جلوتر می‌بینیم، هنوز خیلی مانده است تا دریانوردان دریابند چطور حساب کنند که چقدر به سمت غرب یا شرق حرکت کرده‌اند، یا به عبارتی طول جغرافیایی خود را به دست آورند.

اندازه‌گیری جهان



یونانیان هم، مانند فینیقی‌های پیش از خودشان، می‌دانستند که جهان گرد است. اما مرد یونانیِ باهوشی یک گام دیگر به پیش رفت: او اندازهٔ سیاره‌مان را محاسبه کرد؛ با دقتی بی‌نظیر.

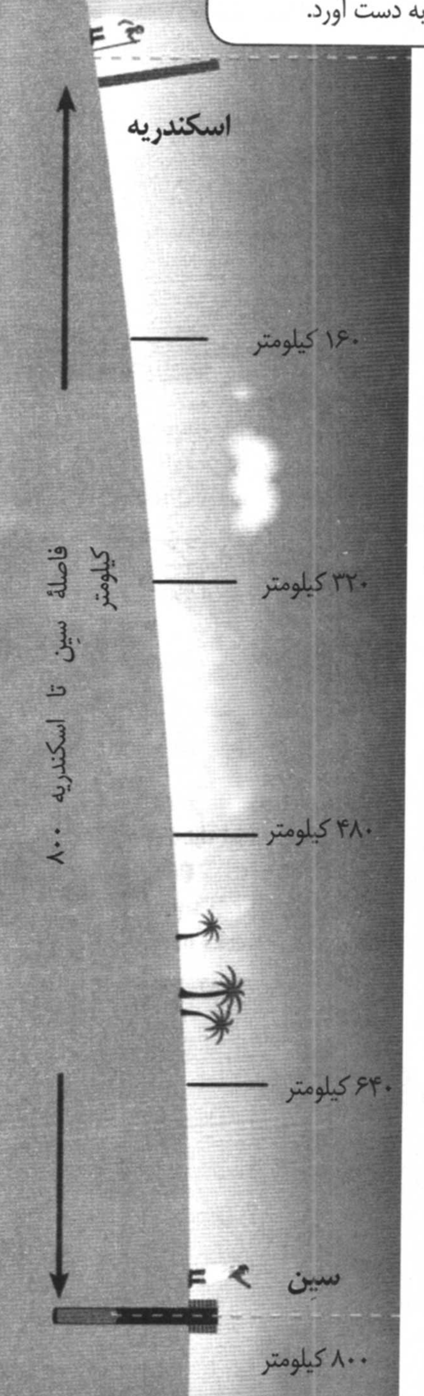
یکی از باهوش ترین ریاضی‌دانانِ یونان باستان مردی بود به نام اِراتوستِن. اراتوستن نه در شهری یونانی بلکه در شهر مصریِ اسکندریه می‌زیست که در سال ۲۴۰ پیش از میلاد پایتخت امپراتوری یونان بود. او، که نویسنده و آموزگاری بااستعداد بود، مسئول کتابخانهٔ بزرگ اسکندریه شد که یونانی‌ها همهٔ دانش باارزش خود را، که بر صفحات کاغذی می‌نوشتند، در آنجا نگاه می‌داشتند.



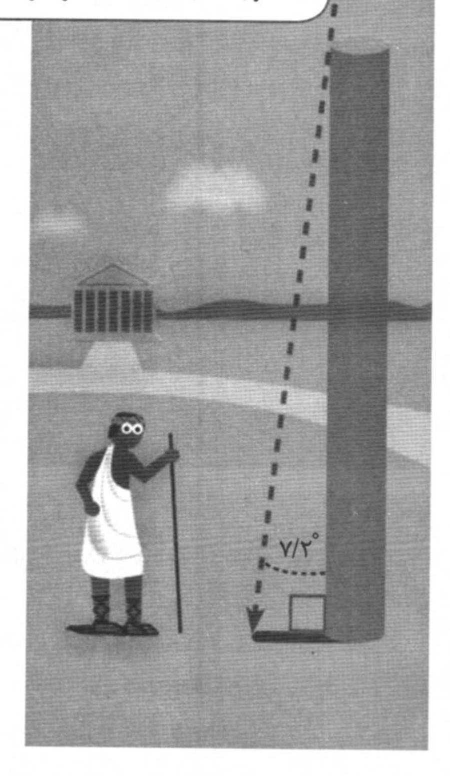
روزی، ارتوستن به داستانی برخورد که برایش بسیار جالب بود. او مطلبی دربارهٔ چاهی بسیار عجیب در جنوب مصر، در شهر سِین، خواند. هر سال فقط در یک لحظه – ظهر روز میانی تابستان – پرتویی از نور خورشید درست به درون چاه می‌تابید و به‌طور عمود به آب ته چاه برخورد می‌کرد و مانند آینه‌ای از سطح آب بازتاب می‌شد. اراتوستن دریافت که خورشید در این لحظه درست بالای سر قرار دارد، بنابراین پرتوِ آن به‌صورت عمودی با سطح زمین برخورد می‌کند و تقریباً هیچ سایه‌ای ایجاد نمی‌کند.



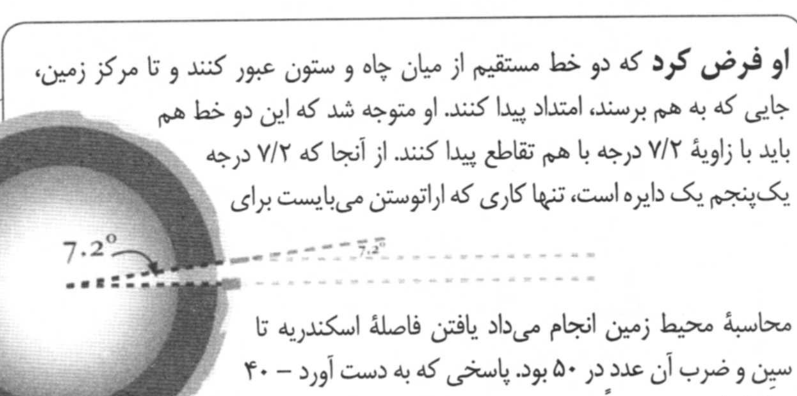
یونانی‌ها می‌دانستند که پرتوهای خورشید همیشه به‌صورت پرتوهایی موازی حرکت می‌کنند، بنابراین اختلاف میان زاویهٔ این پرتوها در اسکندریه و سیِن باید به‌سبب انحنای زمین باشد. فینیقی‌ها همان زمان فهمیده بودند که زمین گرد است اما حالا اراتوستن اطلاعات کافی داشت تا اندازهٔ کرهٔ زمین را به دست آورد.



اما خورشید در اسکندریه، در شمال مصر، چنین کاری نمی‌کرد. در روز میانیِ تابستان در اسکندریه، نور خورشید با زاویه‌ای مایل به زمین می‌تابد و سایه‌های کوتاهی ایجاد می‌کند. اراتوستن ستونی بلند یافت و ارتفاع و اندازهٔ سایهٔ آن را سنجید. او مثلثی کشید و از روی آن زاویهٔ پرتو خورشید را به دست آورد. این زاویه ۷/۲ درجه نسبت به خط عمود بود.



او فرض کرد که دو خط مستقیم از میان چاه و ستون عبور کنند و تا مرکز زمین، جایی که به هم برسند، امتداد پیدا کنند. او متوجه شد که این دو خط هم باید با زاویهٔ ۷/۲ درجه با هم تقاطع پیدا کنند. از آنجا که ۷/۲ درجه یک‌پنجم یک دایره است، تنها کاری که اراتوستن می‌بایست برای محاسبهٔ محیط زمین انجام می‌داد یافتن فاصلهٔ اسکندریه تا سین و ضرب آن عدد در ۵۰ بود. پاسخی که به دست آورد – ۴۰ هزار کیلومتر – تقریباً درست بود.



اراتوستن از کشف جدید خود استفاده کرد تا نقشهٔ جدیدی از دنیا رسم کند. او حتی خطوط عرض جغرافیایی را هم روی نقشه رسم کرد؛ خطوطی که با زیرکی، و با مقایسهٔ طول روزهای میانهٔ زمستان و تابستان، آن‌ها را به دست آورده بود. اما هیچ‌کس کار او را جدّی نگرفت. مشکل اینجا بود که دنیا بسیار بزرگ‌تر از چیزی بود که آن‌ها تصور می‌کردند. اراتوستن می‌گفت باید قاره‌ها و دریاهای عظیمی وجود داشته باشند که هنوز کشف نشده‌اند، اما باور این موضوع برای مردم دشوار بود. او همچنین تصور می‌کرد که تعداد اقیانوس‌ها از خشکی‌ها بیشتر است و نیز دریاها همه به هم وصل‌اند و مجموعهٔ عظیمی از آب‌ها را می‌سازند که این بار هم درست می‌گفت.



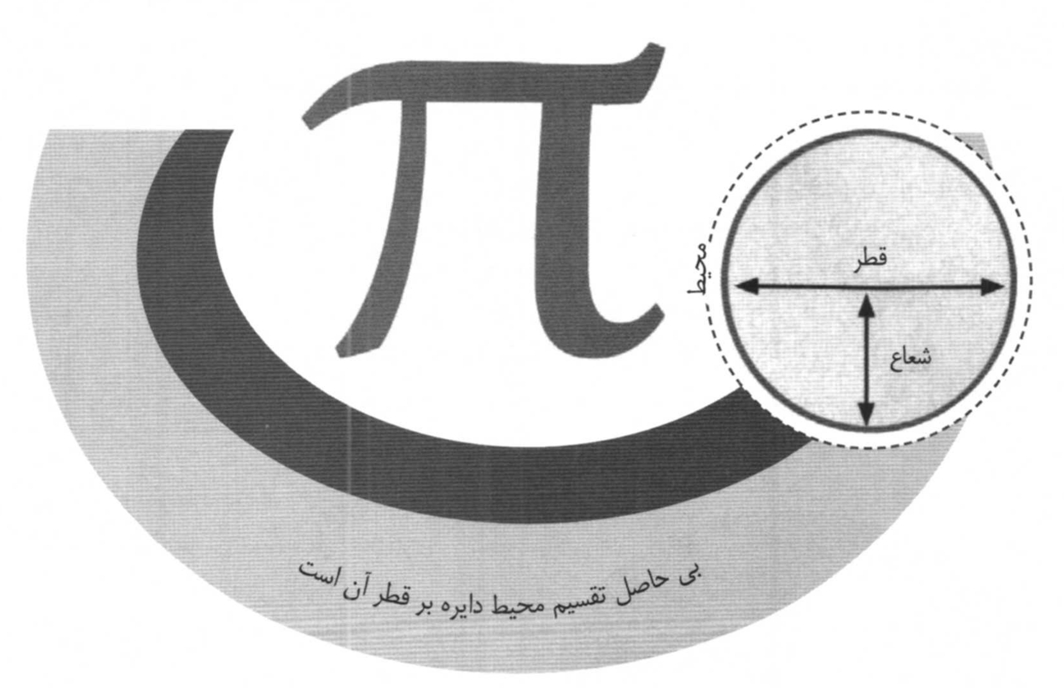
اراتوستن آن‌قدر زنده نماند که به اندازهٔ حقّش قدر ببینند. او در ۸۰ سالگی از گرسنگی و درحالی درگذشت که نابینا و سیاه‌بخت شده بود! تازه حدود ۱۷۰۰ سال پیش بود که سرانجام دریافتیم او درست می‌گوید. در همین حال، صدها دریانورد با دنبال کردن نقشه‌هایی که اندازهٔ زمین در آن‌ها کاملاً اشتباه بود در دریاها ناپدید شدند.

چرا پی؟

اگر اراتوستن محیط کرهٔ زمین را به دست آورد، پس می‌توانست قطرش را هم به دست آورد. اما برای آن کار به عددی خاص نیاز داشت که بسیار پیش از عصر یونان باستان مردم را مجذوب خود کرده بود: پی. عدد پی نسبت محیط هر دایره به قطر آن است و در ریاضی برای نشان دادن آن از حرف یونانیِ π استفاده می‌کنیم.

عدد پی دقیقاً چقدر است؟ ▼

تا آنجایی که امروز می‌دانیم عدد پی حدود ۳/۱۴ است. نمی‌توانیم بگوییم این عدد دقیقاً چیست زیرا بخش اعشاری آن تا ابد و بدون الگویی خاص ادامه دارد. ناممکن است که عدد پی را نسبت میان دو عدد صحیح بدانیم، بنابراین π را عدد گُنگ می‌نامیم. همچنین معادله‌ای سرراست برای محاسبهٔ پی وجود ندارد بنابراین آن را عدد غیرجبری هم می‌نامیم. همهٔ این‌ها نه‌تنها محاسبهٔ π را ناممکن می‌کنند بلکه همچنین آن را مطلقاً مرموز می‌سازند.

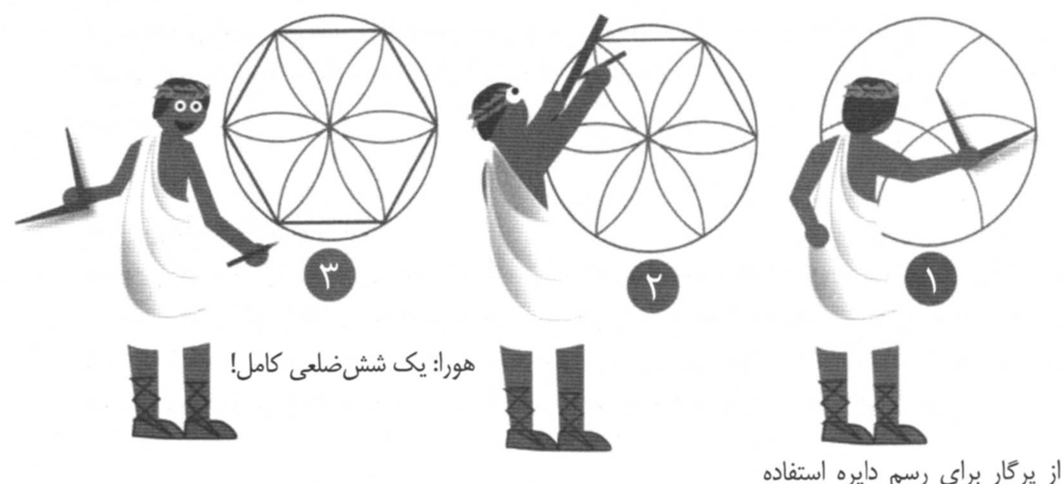


چرا پی؟ ▲

مردمان دنیای باستان می‌دانستند که عدد π مهم است، اما هرگز نمی‌توانستند تصور کنند که چقدر مفید خواهد شد. امروزه، دانشمندان و مهندسان از عدد π در گسترهٔ وسیعی از محاسبات مربوط به دایره‌ها و قوس‌ها استفاده می‌کنند؛ از برنامه‌ریزی مسیر حرکت هواپیماها تا تحلیل امواج صوتی.

تربیع دایره ▼

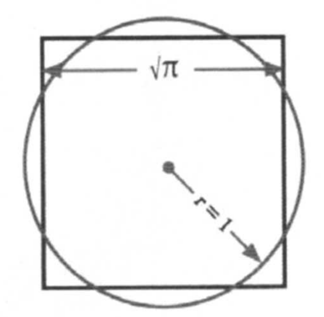
یونانیان باستان عاشق حل کردن معماهای هندسی بودند که در آن فقط از یک خط‌کش و یک پرگار استفاده شود. مثلاً فهمیده بودند چگونه می‌توانند درون دایره یک شش‌ضلعی رسم کنند ...



از پرگار برای رسم دایره استفاده می‌کردند و بعد باز با پرگار، دایره را با قوس‌هایی هم‌اندازه علامت‌گذاری می‌کردند.

خط‌های مستقیم را رسم می‌کردند تا نقاط تقاطع را به هم وصل کنند.

... اما آن‌ها معمایی طرح کردند که حتی خودشان را هم گیج کرد.



◀ مسئله رسم کردن دایره‌ای بود که با استفاده از آن مربعی با مساحتی یکسان با دایره رسم شود. این مسئله به «تربیع دایره» در ریاضیات مشهور است. یونانیان هرگز آن را حل نکردند و امروز می‌دانیم چرا. حل کردن این معما نیازمند استفاده از مجذور عدد π (یعنی $\sqrt{\pi}$) برای رسم مربع بود. اما محاسبهٔ مجذور برای عددهای غیرجبری ناممکن است.

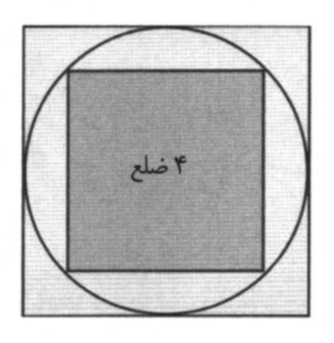
ساخت‌وساز با دایره‌ها ◀

آمفی‌تئاتر دیونیسوس در آتن، یونان

دایره‌ها برای یونانیان فقط عامل کنجکاوی ریاضیاتی نبودند. از آن‌ها در ساختن بنای آمفی‌تئاترهای نیم‌دایره استفاده می‌شد؛ این شکل منحنی نه‌تنها به هر بیننده دیدی خوب از صحنه می‌داد بلکه باعث تقویت صدای صحنه هم می‌شد. آمفی‌تئاترهای یونانی، با این‌که شگفت‌انگیزند، بناهایی ساده بودند که درون گودال‌های طبیعی پیاله‌شکل ساخته می‌شدند. اما تمدن بعدی در داستان ما از دایره‌ها برای ساختن برخی از شگفت‌انگیزترین بناها در دنیا بهره برد.

جست‌وجو به دنبال پی

این حقیقت که محاسبهٔ دقیق π ناممکن است، مردم را از تلاش بازنداشت. مسئله اندازه‌گیری دقیق محیط پیرامون دایره بود (اندازه‌گیری قطر دایره بخش آسان کار بود). مصریان برای این سنجش تلاشی کردند. آن‌ها شکل سمت راست را رسم کردند؛ دایره‌ای با یک شش‌ضلعی درونش. شش‌ضلعی از شش مثلث متساوی‌الاضلاع تشکیل شده است. می‌بینید که محیط پیرامون شش‌ضلعی برابر است با مجموع ۶ ضلع و قطر آن برابر است با مجموع ۲ ضلع. بنابراین نسبت محیط شش‌ضلعی به قطرش ۳ می‌شود. حالا می‌بینیم که قطر دایره هم برابر است با ۲ ضلع اما روشن است که محیط پیرامون آن بیشتر از ۶ ضلع است پس عدد π باید بیش از ۳ باشد. مصریان تخمین نسبتاً خوبی به دست آوردند به این ترتیب که: $\frac{16^2}{9^2}$ که مساوی است با $\frac{256}{81}$ یا ۳/۱۶.



نزدیک شدن...

حدود ۲۵۰ سال پیش از میلاد، ارشمیدس ریاضی‌دان یونانی با محصور کردن دایره میان شکل‌های دیگر باز هم به عدد π نزدیک‌تر شد. این روش مبتکرانه به او امکان داد که محیط پیرامون دایره را بهتر و بهتر بسنجد. در شکل نمونهٔ رو به رو، محیط پیرامون دایره باید مقداری بین محیط پیرامون دو مربع باشد. ارشمیدس دریافت که با افزودن تعداد اضلاع شکل‌هایش می‌تواند به عددی دقیق‌تر دست یابد.


... و همین‌طور الی آخر







... باز هم نزدیک‌تر

او با شش‌ضلعی امتحان کرد و کمی نزدیک‌تر شد. هرچه تعداد اضلاع بیشتری می‌افزود، گوشه‌های شکل به دایره نزدیک‌تر و پاسخ به‌دست‌آمده بهتر می‌شد. او آن‌قدر ادامه داد تا به ۹۶ ضلعی رسید که تقریباً از دایره تمایزپذیر نبود. شکل‌های ۹۶–ضلعی نشان دادند که عدد π چیزی میان ۳/۱۴۲۸ و ۳/۱۴۰۸ است؛ این یعنی دستاوردی خارق‌العاده. این دقیق‌ترین مقدار برای π باقی ماند تا این‌که ریاضی‌دانان چینی بیش از ۵۰۰ سال بعد آن را بهبود بخشیدند.

ساختن شهر رُم

یونانیان معماران بزرگی بودند، اما ساختمان‌های آن‌ها بیشتر مستطیل‌هایی ساده بود که در آن‌ها تعداد بسیاری ستونْ سقف را نگاه می‌داشت. اما رومیان، که یونانیان راشکست دادند و بر مدیترانه تسلط یافتند، فکرهای بهتری داشتند. امپراتوری مقتدر آن‌ها در سرتاسر اروپا و شمال آفریقا گسترش یافته بود. برای رومیان، ساختن بناهای شگفت‌انگیز راهی برای تسلط هرچه بیشتر و تحت‌تأثیر قرار دادن ملت‌های تحت سلطه‌شان بود. بسیاری از این بناها را امروز هم می‌توانیم ببینیم که مدرکی است بر مهارت‌های رومیان در مهندسی.

چهار طبقه ستون و ۲۴۰ طاق بسازید. بنا را چنین طراح
کنید تا مردم بتوانند طی ۱۵ دقیقه به صندلی‌های خو
برسند و فقط طی ۵ دقیقه بیرون بروند.

برای دیوارهای خارجیِ بنا از ۱۰۰ هزار تُن سنگِ آهک سفیدرنگ تازه استفاده کنید تا نمایی تأثیرگذار داشته باشد.

۲۴۰ تیرک دورتادور بالای بنا بیفزایید تا نگه‌دارندهٔ سایبانی تاشو برای ایجاد سایه باشند.

۸۰ در ورودی بسازید: ۷۶ در برای تماشاچیان عادی، یکی برای امپراتور، و سه‌تا برای دیگر افراد مهم.

۵۰ هزار صندلی بگذارید. لطفاً با خودتان زیرانداز نرم بیاورید (مگر این‌که خود امپراتور باشید).

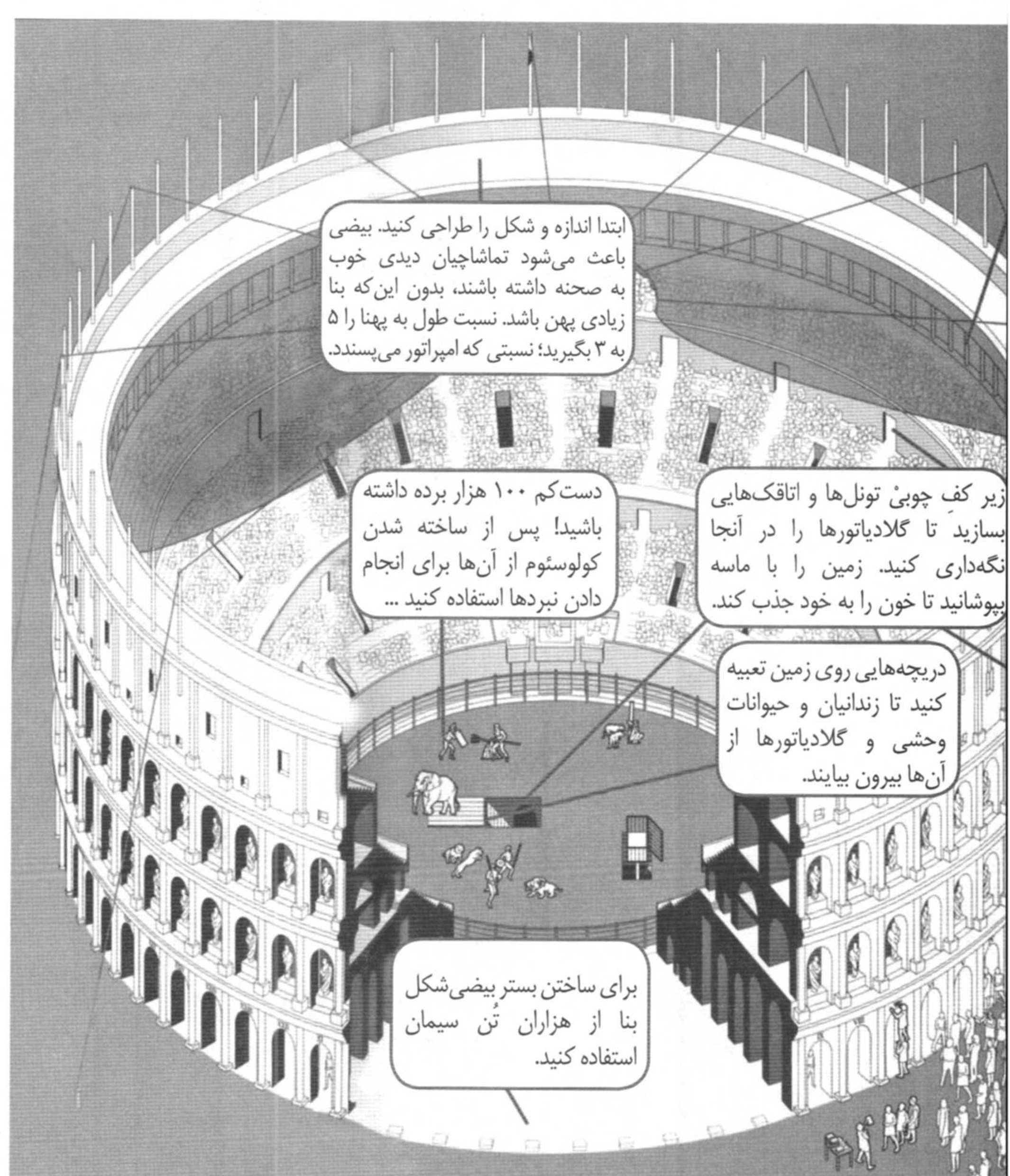
بیضی‌های آسان ▲

این‌که رومیان چگونه بیضی رسم می‌کردند معماست، اما شاید از روشی مانند این استفاده می‌کرده‌اند. دو سر تکه‌ای نخ را به هم گره بزنید تا حلقه‌ای شکل بگیرد، آن‌گاه آن را به دور دو سوزن بیندازید. مدادی را درون این حلقهٔ نخی قرار دهید و نخ را محکم بکشید. حالا مداد را دورتادور سوزن‌ها به حرکت درآورید و خط بکشید طوری‌که همچنان نخ به حالت کشیده باشد و مواظب باشید که مداد سُر نخورد. خوب حالا یک بیضی رسم کرده‌اید!

کولوسئوم ▼

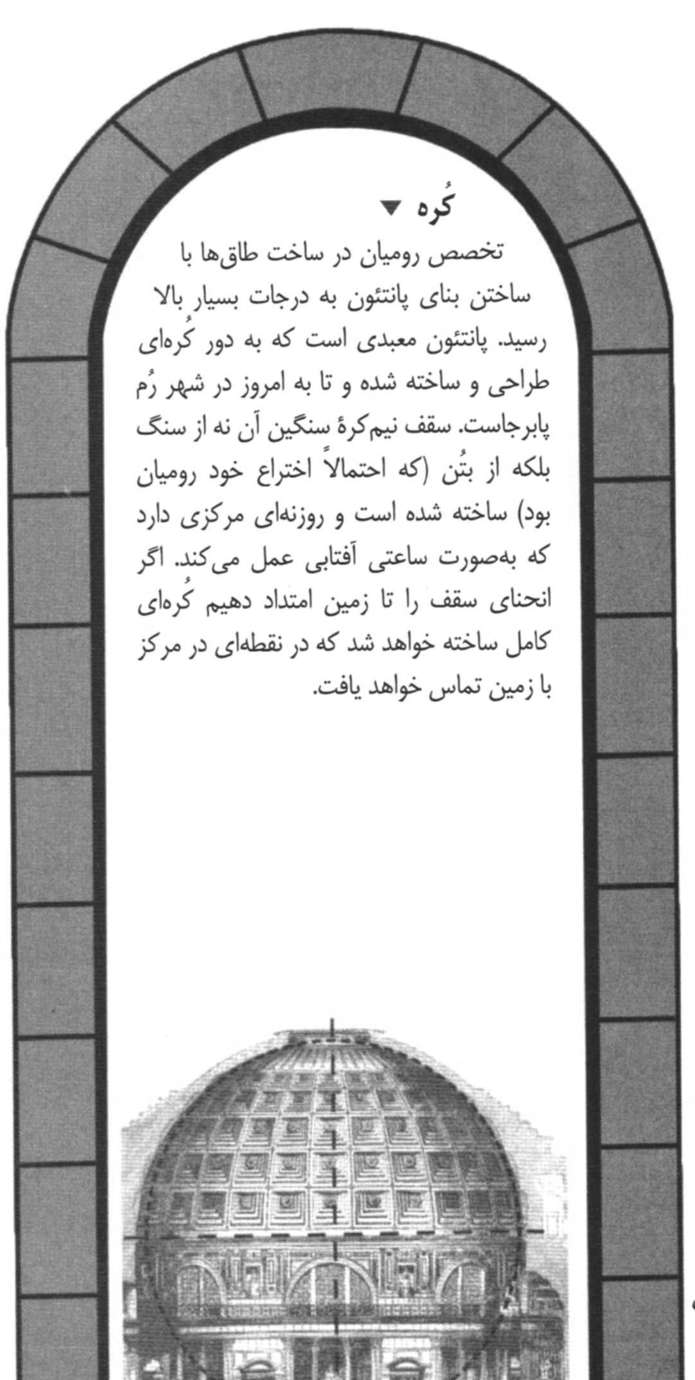
رومیان در طراحی‌های خود نه‌تنها به‌خوبی از دایره و کُره، بلکه از بیضی هم، استفاده می‌کردند. بیضیْ شکلی تخم‌مرغ‌مانند و کامل است که طولش از پهنایش بیشتر است. بنای کولوسئوم ساختمانی بیضی‌شکل و عظیم در رُم بود که مکان تفریحی آن روزگار به شمار می‌رفت. این بنا که در مقیاسی بسیار بزرگ ساخته شده بود، جایی بود که مردم برای تماشای نبرد گلادیاتورها، زندانیان و حیوانات وحشی، که گاه به مرگ یکی منجر می‌شد، می‌رفتند.

چگونه کولوسئوم بسازیم ...



طاق ▼

رومیان خیلی زود به مزایای طاق‌های نیم‌دایره پی بردند که در تحمل وزن بی‌همتا هستند و در عین حال برای ساخت‌شان به سنگ‌های کمی نیاز است. هر سنگ در طاق به‌کمک وزن سنگ بالای سر خود بسیار محکم سر جایش می‌ماند. اگر باری روی طاق گذاشته شود، وزنش به‌طور مساوی در طول قوس طاق و سپس در امتداد ستون‌ها رو به پایین پخش می‌شود و به این ترتیب است که طاق‌ها به‌طرز شگفت‌آوری محکم‌اند. هر طاقْ ساختاری به‌قدری محکم دارد که می‌توانید بالای آن سطحی تخت ایجاد کنید و سپس طاقی دیگر روی آن بسازید.



کُره ▼

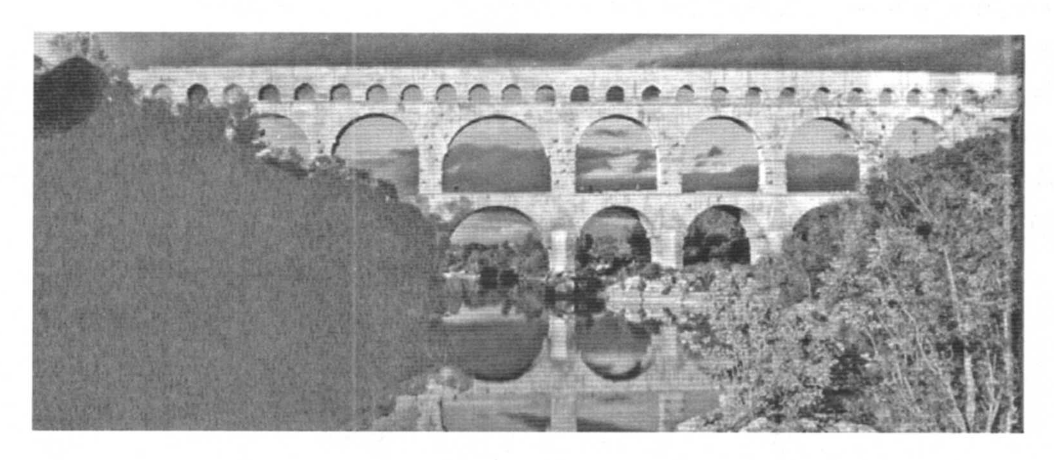
تخصص رومیان در ساخت طاق‌ها با ساختن بنای پانتئون به درجات بسیار بالا رسید. پانتئون معبدی است که به دور کُره‌ای طراحی و ساخته شده و تا به امروز در شهر رُم پابرجاست. سقف نیم‌کرهٔ سنگین آن نه از سنگ بلکه از بتُن (که احتمالاً اختراع خود رومیان بود) ساخته شده است و روزنه‌ای مرکزی دارد که به‌صورت ساعتی آفتابی عمل می‌کند. اگر انحنای سقف را تا زمین امتداد دهیم کُره‌ای کامل ساخته خواهد شد که در نقطه‌ای در مرکز با زمین تماس خواهد یافت.

هنرِ ساختن مجرای آب

محکم، مفید، زیبا! این چیزی بود که رومیان در بناهای خود آرزو داشتند به آن برسند. کانال‌های آبی که آن‌ها می‌ساختند آب را از فاصله‌هایی تا ۱۰۰ کیلومتر به شهرها منتقل می‌کرد و در طول مسیر شیبی بسیار ملایم و تقریباً نامحسوس داشت. این مجراهای آب شاهکارهای عجیبی در مهندسی بودند و نشان می‌دادند که رومیان در هنر اندازه‌گیری مهارت خاصی پیدا کرده‌اند. این کانال ها چنان مقدار عظیمی آب به شهرهای رومیان می‌آوردند که سرتاسر این شهرها پُر بود از فواره‌ها و حمام‌های مجلل.

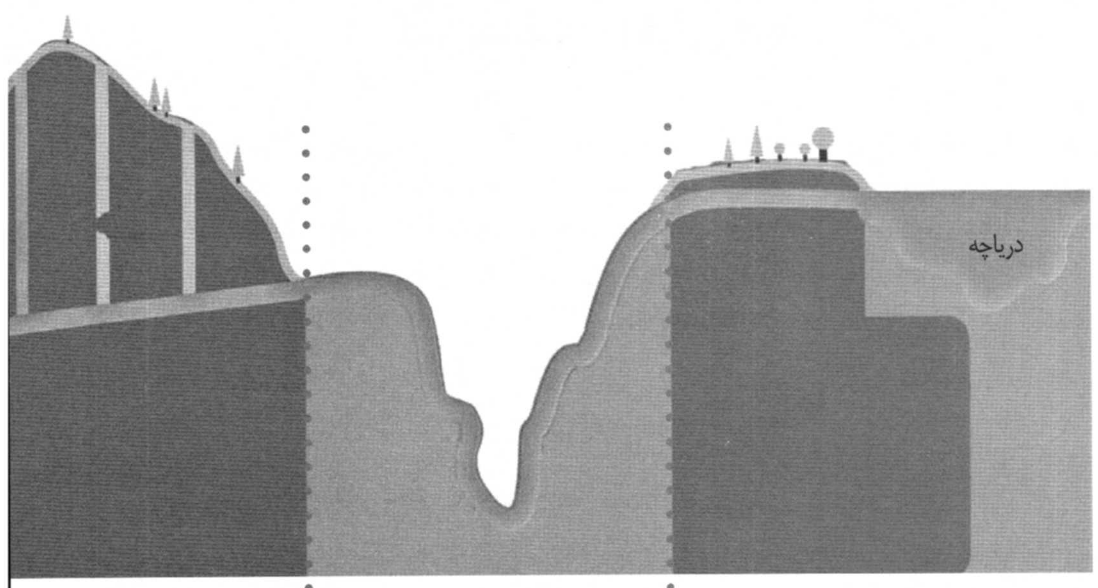
مرد بزرگ ◄

یکی از بزرگ‌ترین معماران عصر روم باستان مردی به نام ویترووویوس بود. بسیاری از مطالبی که امروز دربارهٔ معماری روم باستان می‌دانیم از کتاب او، با عنوان دِ آرچیتِکتورا (در بابِ معماری)، یافته‌ایم. او دربارهٔ چگونگی طراحی و ساخته شدن مجراهای آب نوشته و گفته است که شیب آن‌ها نباید بیش از مقداری باشد که در هر ۳۰ متر بیش از ۱/۳ سانتی‌متر اُفت سطح داشته باشند تا آب به‌آهستگی جریان پیدا کند. این‌که رومیان با ابزارهای سادهٔ اندازه‌گیری خود چگونه به چنین شاهکاری رسیده‌اند معما باقی مانده است.



پون دو گار، فرانسه ▲

این بنای شگفت‌انگیز در جنوب فرانسه بخشی از مجرای آبی تقریباً ۵۰ کیلومتری از زمان روم باستان است که آب را به شهر رومی نِماوسوس (نیم امروزی) می‌برده است. این مجرای آب روزانه ۲۰ هزار متر مکعب آب را منتقل می‌کرده است.



خندق

از هر سه کیلومتر کانال های آب رومی ۲ کیلومتر آن خندق‌های پوشیده بودند. آن‌ها را گاهی می‌پوشاندند تا از سَرریز آب به بیرون جلوگیری شود.

زانویی

لوله‌های سُربی به نام زانویی گاهی برای انتقال آب از میان دره‌ها استفاده می‌شد. از آنجایی که سطح آب در آغاز زانویی بالاتر از انتهای آن بود، آب می‌توانست بدون نیاز به پمپ شدن از بخش سربالایی زانویی بالا برود.

تونل

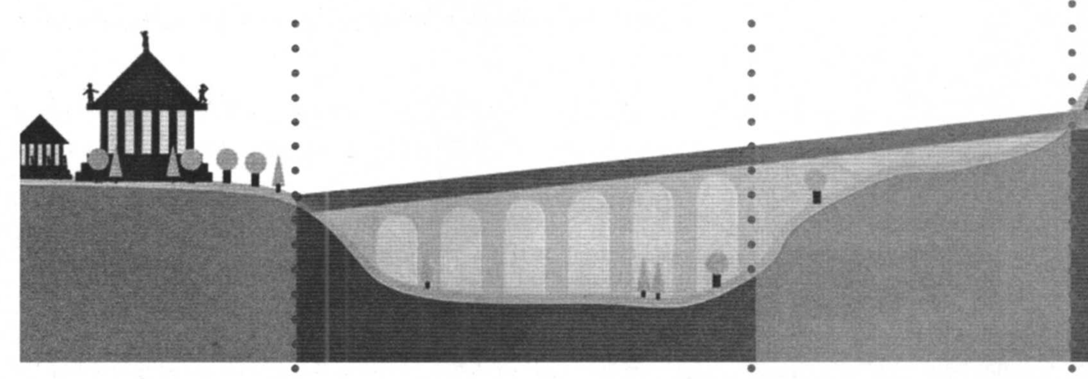
اگر کوهی سر راه بود تونلی می‌ساختند. تونل‌های عمودی که از سطح به پایین ساخته می‌شدند کار را آسان‌تر می‌کرد. پس از ساخته شدن تونل‌ها، سر تونل‌های عمودی باز باقی می‌ماند تا بتوانند برده‌ها را از آن‌ها پایین بفرستند تا رسوبات آهکی باقی‌مانده از آب را تمیز کنند تا تونل بسته نشود.



جاده‌های رومی به‌طرز شگفت‌انگیزی مستقیم بودند و هزاران کیلومتر امتداد داشتند که به ارتش رومیان امکان می‌داد به‌سرعت از جایی به جای دیگر بروند. اما رومیان چطور جاده‌ها را چنین صاف می‌ساختند؟



شیب به‌طرز اعجاب‌آوری ملایم بود؛ طوری که آب طی فاصله‌ای یک کیلومتری فقط ۳۰ سانتی‌متر اُفت سطح پیدا می‌کرد.



دیوار

اگر قرار بود آب فقط چند متر بر فراز زمین حرکت کند، رومیان دیواری می‌ساختند که راه‌آبی بر بالای آن وجود داشت. اگر ارتفاعِ لازم بیش از ۱/۵ متر می‌بود، به جای دیوار، گذرگاه طاق‌دار می‌ساختند.

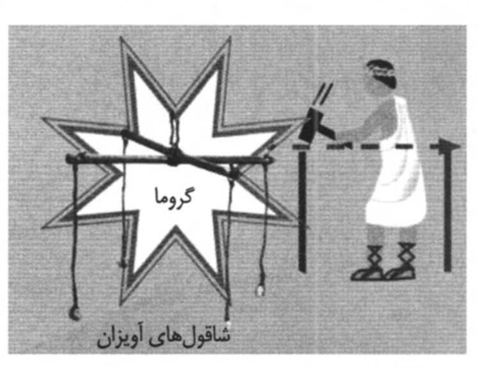
گذرگاه طاق‌دار

گذرگاه طاق‌دار زیبا راهی مناسب برای مرتفع نگاه داشتن آب بود تا به سوی شهر جریان یابد. این گذرگاه‌ها پل‌هایی بودند که با مجموعه‌ای از طاق‌ها ساخته می‌شدند. برای ساختن آن‌ها از مواد کمتری نسبت به ساختن دیوار استفاده می‌شد و مردم می‌توانستند به‌آسانی از زیرشان عبور کنند. بسیاری از این گذرگاه‌های طاق‌دار امروز به بناهای مشهوری از امپراتوری روم باستان تبدیل شده‌اند.

شهر

شهرهای رومی به آب فراوانی نیاز داشتند. درواقع، رومیان تقریباً سه برابر هر فرد امروزی آب در روز استفاده می‌کردند. خود حمام‌ها بسیار عظیم بودند. مثلاً مجموعه حمام‌های کاراکالا در رُم از استادیوم فوتبال هم بزرگ‌تر بود.

جاده‌های رومی به‌شدت صاف و مستقیم بودند، از تپه‌ای به تپهٔ دیگر و فقط در تقاطع با رودها خمیده می‌شدند. رومیان این جاده‌ها را به‌کمک ابزاری به نام گروما طراحی می‌کردند. این ابزار تشکیل شده بود از تیرکی عمودی با دو میلهٔ افقی بر بالایش که به‌صورت قائم روی هم قرار می‌گرفتند و علامت بعلاوه‌ای را می‌ساختند. از هر انتهای این بعلاوه وزنه‌هایی بسته به نخ (شاقول) آویزان بود. شاقول‌ها نشان می‌دادند که تیرک‌های نشانه صاف‌اند و همیشه کاملاً با یکدیگر هم‌خط‌اند. گروما همچنین به سازندگان امکان می‌داد که شیب مجراهای آب را تنظیم کنند.



اندازه‌گیری با بدن

نخستین ابزار اندازه‌گیری در جهانْ بدن انسان بود. پیش از این‌که مردمان خط‌کش یا دیگر ابزارها را برای اندازه‌گیری چیزی بسازند به‌سادگی فقط اشیاء را با بدن خود مقایسه می‌کردند. حتی امروز نیز از برخی اسامی بخش‌های مختلف بدن برای واحد اندازه یا مسافت استفاده می‌کنیم.

در طول تاریخ مردم از انگشتان خود برای شمارش و از دست، بازو و ساق پای خود برای اندازه‌گیری استفاده می‌کردند. بزرگ‌ترین اندازه در بدن هر فرد قدّ او و کوچک‌ترین هم ضخامت یک تار مو بود.

یک یارد

یارد ◄

پادشاه انگلیسی، ادوارد اول، فاصلهٔ بینی خود تا سر انگشتان کشیده‌اش در طول بازو را یک یارد نام گذاشت. امروز بیشتر مردم اندازه‌ها را نه با واحد یارد بلکه با متر می‌سنجند که کمی بلندتر از یارد است. شاید دیده باشید که برخی خیاطان قدیمی هنوز پارچه را در فاصلهٔ بینی تا سر انگشتان اندازه می‌گیرند و برای اضافه کردن ۸۶ میلی‌متر باقی تا یک متر سرشان را به سوی مخالف برمی‌گردانند!

◄ فاتوم

دریانوردان طناب را با کشیدن آن از یک دست تا دست دیگر به اندازهٔ دو یارد می‌رساندند و این اندازه را یک فاتوم می‌نامیدند. آن‌ها به انتهای طنابی که روی آن گره‌هایی با فاصلهٔ یک فاتوم زده شده بود، وزنه‌ای آویزان می‌کردند و آن را از کشتی پایین می‌فرستادند و به این ترتیب عمق آب‌های سطحی را اندازه می‌گرفتند تا بدانند آیا کشتی‌های بزرگ ممکن است در این آب گیر کنند یا خیر.

فاتوم

اَرَش (یا ذراع) ◄

واحدی بسیار باستانی در اندازه‌گیری است که بر اساس طول ساعد یک مرد از آرنج تا نوک انگشتان تعریف شده و برابر است با ۱۸ اینچ یا ۴۵۷ میلی‌متر. در کتاب مقدس مسیحیان، انجیل، گفته شده که طول کشتی حضرت نوح (ع) ۳۰۰ اَرَش (۱۳۷ متر) و پهنای آن ۳۰ ارش (۱۴ متر) بوده است. درواقع، تا سال ۱۸۵۸ میلادی هیچ کشتی دیگری به این بزرگی ساخته نشد.

مشکلِ واحد اَرَش این بود که در هر کشور اندازه‌اش با کشورهای دیگر فرق می‌کرد. مثلاً مصریان باستان درواقع دو نوع اَرَش داشتند: ارش معمولی و ارش سلطنتی که حدود ۱۰ درصد بلندتر بود. وقتی فرعون چیزی می‌خرید با ارش سلطنتی اندازه‌گیری می‌شد بنابراین ۱۰ درصد بیشتر کسب می‌کرد. اما وقتی چیزی می‌فروخت با ارش معمولی اندازه‌گیری می‌شد و مردم عادی ۱۰ درصد کمتر دریافت می‌کردند. این نوعی مالیات سلطنتی بود که خُب برای فرعون به حدّ کافی منصفانه بود.

یک کف دست = ۴ انگشت

یک اینچ

یک اَرَش سلطنتی = ۷ کف دست

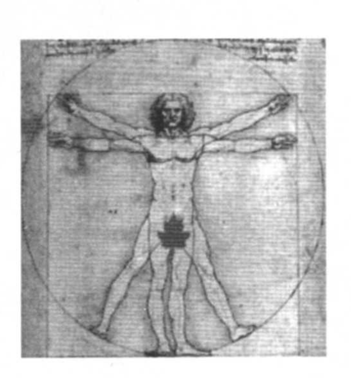
اَرَش

کف دست

یک کف دست = ۴ اینچ یا ۱۰ سانتی‌متر

پهنای دست منظور اندازهٔ کف دست زمانی است که انگشت شست بسته باشد. از این معیار قدیمی امروز فقط برای اندازه‌گیری قدّ اسب از کف سُم تا بالای شانه استفاده می‌شود. اسب بالغِ کوتاه‌تر از ۱۴/۲ کف دست را اسبچه یا پونی می‌نامیم و بزرگ‌تر از آن اسب نام دارد. کوتاه‌ترین اسب جهان، که تامبلینا نام دارد، ارتفاعی برابر با فقط ۴ کف دست دارد.

▲ طراحی «مرد ویتروویَن» نشان می‌دهد که طول انگشت تا انگشت دو بازوی کشیدهٔ هر فرد (یک فاتوم) حدوداً با ارتفاع او (یک قدّ) یکی است. خودتان می‌توانید امتحان کنید. کنار دیواری بایستید و قدّتان را علامت بگذارید. بعد ببینید که آیا طول دو بازوی کشیده‌تان به این اندازه می‌شود یا خیر.



در سال ۱۴۹۰ میلادی، هنرمند ایتالیایی لئوناردو داوینچی طرح مشهوری را رسم کرد که الهام‌گرفته از معمار مشهور رومی، ویتروویوس، و اندازه‌گیری‌های رومیان بود. این طرح که مرد ویتروویَن نام گرفت مردی برهنه را نشان می‌دهد با دست‌ها و پاهای باز که درون یک دایره و یک مربع محصور شده است. در این طرح، واحدهای اَرَش، پا، کف دست، و گام به‌دقت و با نسبت‌های درست نمایش داده شده‌اند.



انگشتان و شَست‌ها ◄

ابزارهای اندازه‌گیری با اجزاء بدن خیلی دقیق نیستند زیرا در بدن هرکس متفاوت‌اند. برای همین هم هست که اصطلاح «حساب سرانگشتی» به معنای محاسبهٔ تقریبی است. یک اینچ ممکن است بر اساس پهنای شست یک فرد در بخش میانی آن تعیین شده باشد. در بسیاری از زبان‌ها (ازجمله فرانسوی، اسپانیایی، ایتالیایی، سوئدی، پرتغالی، و هلندی) کلمه‌ای که برای انگشت شست استفاده می‌شود همان کلمه‌ای است که برای واحد اینچ استفاده می‌شود.

معما:

آیا این جمله درست است؟

«اغلب مردم تعداد پاهایشان بیشتر از مقدار متوسط است.»

جواب در آخر کتاب

۷۶۶، ۷۶۷، ۷۶۸، ... آه!
باز ترتیب شمارش رو گم کردم!

قدّ

رومیان فاصله‌های طولانی را با گام می‌سنجیدند. یک گام حدود ۱/۶ متر (۵ فوت) بود. البته اگر متری روی زمین بگذارید و گام بردارید می‌بینید که این فاصله درواقع اندازهٔ تقریباً دو گام است. اما یک «گام‌بردار» حرفه‌ای فاصلهٔ میان دو شهر را فقط با شمارش قدم‌های پای راست یا چپش می‌شمرد. هزار قدم (یا به زبان آن‌ها «میله پاسوم») تبدیل به یک مایل شد که امروز هنوز در برخی کشورها از آن استفاده می‌شود، هرچند که مایل رومی‌ها حدود ۱۲۹ متر کوتاه‌تر از مایل امروزی بود.

رومیان همچنین از واحد فوت (پا) استفاده می‌کردند. «پا»ی رومی یک‌پنجم یک گام و یک‌ششم قدّ یک مرد یا حدود ۲۹/۵ سانتی‌متر (۱۱/۶ اینچ) بود. اما بلندتر از پای متوسط انسان بود، درست مانند واحد فوت سلطنتی امروزی. شاید واحد فوت رومیان شامل سَندل‌های زمخت چرمی رومیان هم می‌شده است.

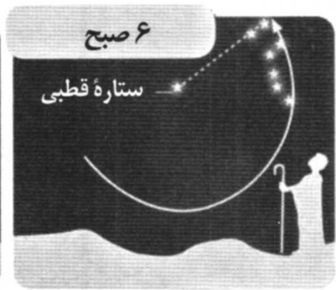
گام
فوت

شب و روز

همهٔ ما فقط با نگاه کردن به این‌که بیرون چقدر روشن است تقریباً می‌توانیم بگوییم چه ساعتی از روز است. در گذشته مردم راه‌هایی را یافته بودند تا با استفاده از ستاره‌ها، آتش، آب، و سایه‌ها با دقت بیشتری بفهمند که چه ساعتی از روز یا شب است.

زمان ستاره‌ای ▼

همان‌طور که پیش‌تر دیدیم ستارهٔ قطبی تنها ستاره‌ای است که در آسمان شب ثابت باقی می‌ماند، درحالی‌که دیگر ستاره‌ها به‌سبب چرخش زمین به دور خودش به نظر می‌رسد که به دور ستارهٔ قطبی در گردش‌اند. مردمان باستان فهمیده بودند که با تماشای گردش صورت‌های فلکی به دور ستارهٔ قطبی – مانند چرخش عقربه‌های ساعت – می‌توانند زمان را بفهمند. برای یافتن ستارهٔ قطبی ابتدا باید ملاقهٔ بزرگ دب‌اکبر را بیابید. اگر دو ستارهٔ انتهای ملاقه را پنج برابر فاصلهٔ میان‌شان امتداد دهید به ستارهٔ قطبی می‌رسید.







ساعت ستاره‌ای ◀

در قرون وسطی، مردم از ابزاری به نام «ساعت شبانه» برای خواندن زمان از روی ستاره‌ها استفاده می‌کردند. این ابزار عقربه‌ای چرخان داشت که هم‌راستای دو ستارهٔ انتهای ملاقه، که به آن‌ها «ستاره‌های راهنما» می‌گوییم، قرار می‌گرفت. در صفحهٔ بعد یاد بگیرید که چگونه یک ساعت ستاره‌ای برای خود بسازید.

زمان آتشین ◀

وقتی انسان آتش را کشف کرد چیزی را یافته بود که با آن گرم شود، پخت‌وپز کند، جانوران مهاجم را بترساند، و خانه‌اش را روشن کند. آن‌ها با ریختن روغن به درون ظرف‌های کوچک فتیله‌دار و آتش زدن فتیله نوعی چراغ درست می‌کردند. با گذر زمان، مقدار روغن درون این چراغ‌ها کاهش می‌یافت و به‌نوعی ابزاری برای سنجش زمان بود. بعدها شمع‌هایی با خطوط زمان‌بندی هم همین کار را می‌کردند.

محور زمین

در هر روز ۲۴ ساعت داریم

ساعت شمعی

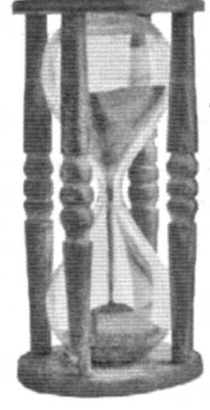
▲ روز و شب داریم زیرا زمین به دور خود می‌چرخد



◀ مرخِت مصری

مصریان باستان ابزاری برای سنجش زمان ساخته بودند که مِرخِت نام داشت. برای کار کردن با این ابزار به دو نفر نیاز بود. یکی از میان شکافی V شکل روی قطعه‌چوبی به سوی نفر دوم نگاه می‌کرد تا خورشید یا ستاره‌ای را درست در آن میان ببیند. شب‌ها، مرخت مانند ساعت ستاره‌ای عمل می‌کرد، اما همچنین می‌شد از آن با کمک ستارهٔ قطبی استفاده کرد تا خطی در راستای شمال–جنوب روی زمین رسم کرد. وقتی خورشید سایه‌ای روی آن خط می‌انداخت ظهر بود.

لطفاً بی‌حرکت نگه دار... یافتم! ساعت شش و نیمه!



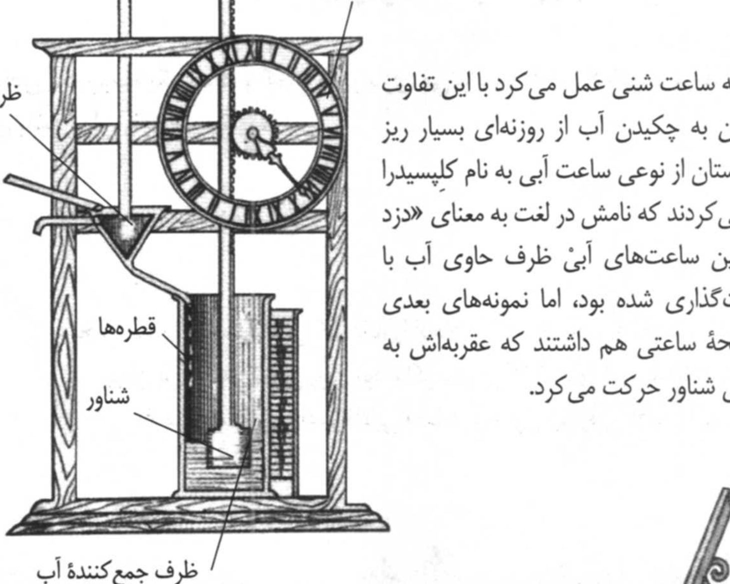
شن‌های زمان ◀

از ساعت شنی نخستین بار حدود ۷۰۰ سال پیش استفاده شد. شن به‌آهستگی از میان گردنی باریک میان دو حباب شیشه‌ای به پایین می‌ریخت. وقتی حباب بالایی خالی می‌شد، بازه‌ای از زمان سپری شده بود. البته این بازه لزوماً یک ساعت نبود؛ و ممکن بود هر مقداری از ۵ ثانیه تا یک سال باشد! ساعت‌های شنی کوچکِ ۳ دقیقه‌ای امروز هم هنوز برای سنجش زمان لازم برای جوشاندن تخم‌مرغ استفاده می‌شوند.

چه کسی تصمیم گرفت که روز را به ۱۲ ساعت تقسیم کند؟

◀ ساعت آبی

ساعت آبی بسیار مشابه ساعت شنی عمل می‌کرد با این تفاوت که به‌جای ریختن شن به چکیدن آب از روزنه‌ای بسیار ریز وابسته بود. یونانیان باستان از نوعی ساعت آبی به نام کِلِپسیدرا (شکل چپ) استفاده می‌کردند که نامش در لغت به معنای «دزد آب» است. در نخستین ساعت‌های آبیْ ظرف حاوی آب با خطوط ساعت علامت‌گذاری شده بود، اما نمونه‌های بعدی پیچیده‌تر بودند و صفحهٔ ساعتی هم داشتند که عقربه‌اش به کمک بالا آمدن بازویی شناور حرکت می‌کرد.

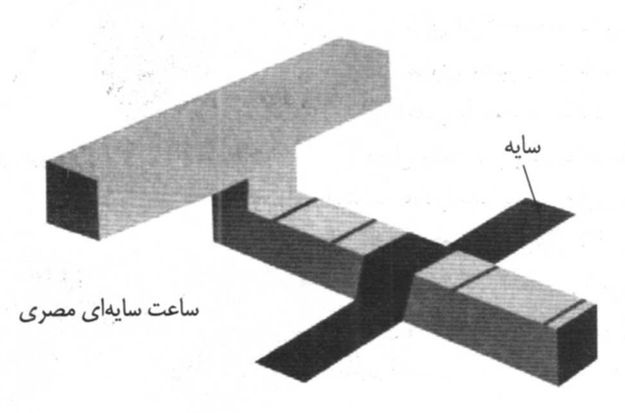


◀ ساعت‌های سایه‌ای و آفتابی

مصریان باستان نوعی ساعت ساده اما مؤثر و با استفاده از سایه ساخته بودند (شکل پایین). آن را روی خطی در راستای شرقی–غربی قرار می‌دادند به‌طوری‌که میلهٔ ایستاده صبح‌ها رو به خورشید در حالِ طلوع و عصرها رو به غرب قرار بگیرد. ساعت‌های آفتابی (شکل راست) در دوران‌های گوناگون و با طرح‌های بسیار متنوع استفاده می‌شدند. در این نمونه، سایه‌ی میلهٔ فلزی مرکزی، که «شاخص» نام دارد، روی صفحهٔ افقی ساعت می‌افتد.

سایه

ساعت آفتابی مصریان باستان

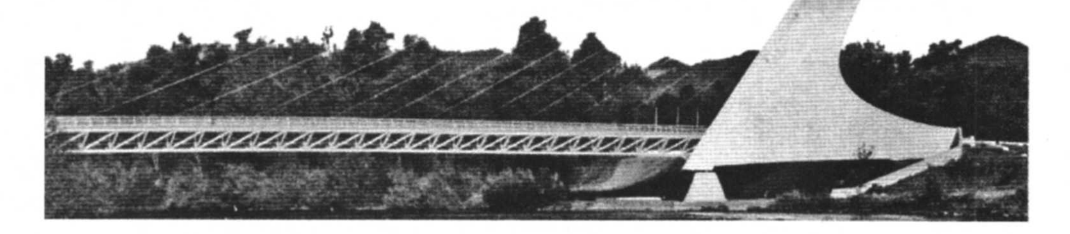


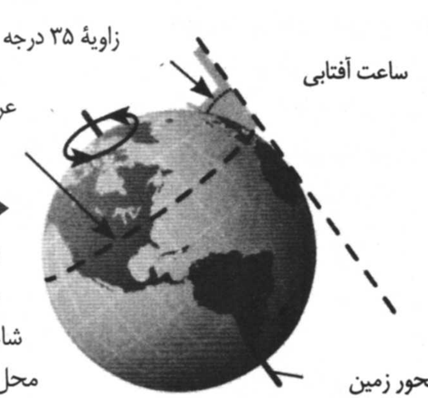
ساعت سایه‌ای مصری

ساعت آفتابی و ستاره ای بسازید

با تعدادی تکّه‌چوب، یک مداد، و کمی خمیرِ بازی می‌توانید ساعتی آفتابی بسازید که هرگاه خورشید در آسمان باشد زمان را به شما بگوید.

بخش بالایی ساعت آفتابی که سایه را ایجاد می‌کند «شاخص» نام دارد. بزرگ‌ترین ساعت آفتابی جهان پُل ساعت آفتابی روی رود ساکرامِنتو در کالیفرنیای آمریکاست. ارتفاع شاخص این ساعت ۶۶ متر است. پُل ساعت آفتابی فقط در روز اول تیر زمان دقیق را به شما نشان می‌دهد.

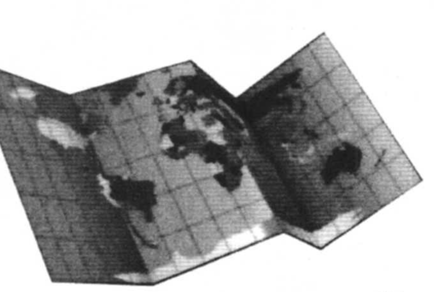


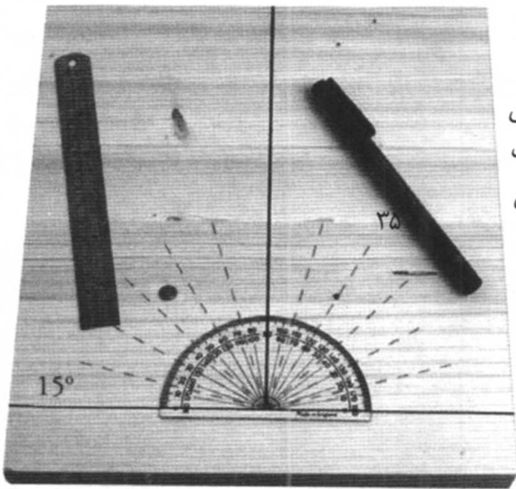


▶ تنظیم شاخص

برای این‌که ساعت آفتابی درست کار کند، شاخص آن باید موازی محور زمین باشد. برای این‌که چنین باشد زاویهٔ شاخص با صفحهٔ ساعت باید به اندازهٔ عرض جغرافیایی محل باشد. می‌توانید با استفاده از اطلس‌های جغرافیایی یا اینترنت عرض جغرافیایی محل زندگی‌تان را به دست آورید. مثلاً عرض جغرافیایی تهران ۳۵ درجه است.

اگر در نیم‌کرهٔ شمالی زندگی می‌کنید شاخص را به سوی شمال و اگر در نیم‌کرهٔ جنوبی زندگی می‌کنید به سوی جنوب تنظیم کنید.



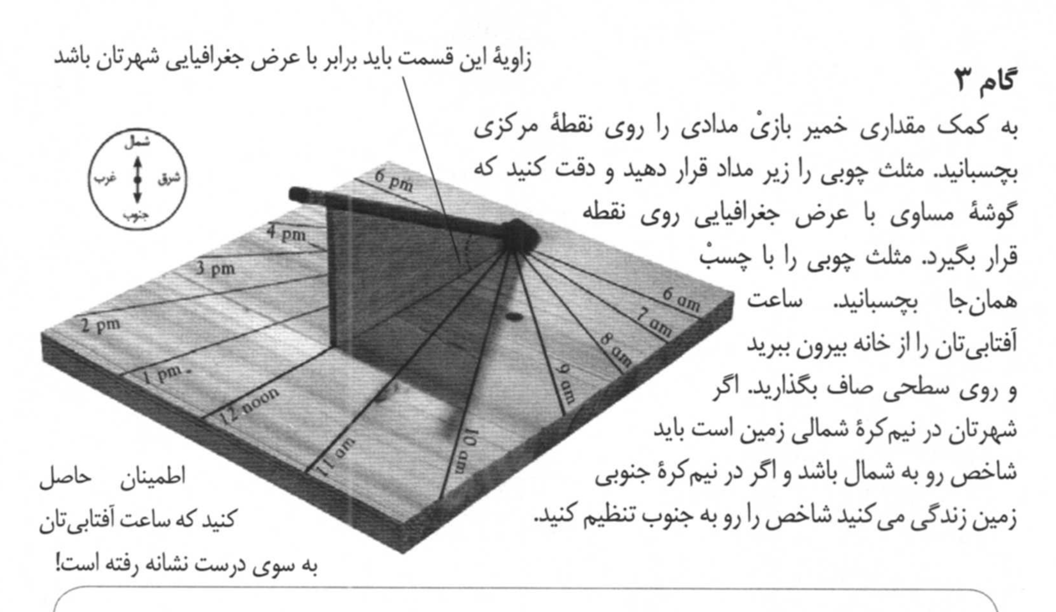


گام ۱

با مداد از یک سو به سوی دیگر تختهٔ چوبی خطی مستقیم رسم کنید. مرکز خط را با نقطه‌ای علامت بگذارید. خطوطی با فاصلهٔ ۱۵ درجه از هم از این نقطهٔ مرکزی رسم کنید.* سپس روی این خطوط را با ماژیک پُررنگ کنید. زمان‌ها را همان‌طور که در شکل سمت چپ می‌بینید روی تخته بنویسید.

گام ۲

به کمک اطلس جغرافیایی یا اینترنت، عرض جغرافیایی شهرتان را به دست آورید. حالا از یک بزرگ‌تر بخواهید که قطعه‌چوبی را برایتان به‌شکل مثلث بِبُرد. یکی از گوشه‌های مثلث باید زاویه‌ای برابر با عرض جغرافیایی شهرتان داشته باشد.



گام ۳

به کمک مقداری خمیر بازیْ مدادی را روی نقطهٔ مرکزی بچسبانید. مثلث چوبی را زیر مداد قرار دهید و دقت کنید که گوشهٔ مساوی با عرض جغرافیایی روی نقطه قرار بگیرد. مثلث چوبی را با چسبْ همان‌جا بچسبانید. ساعت آفتابی‌تان را از خانه بیرون ببرید و روی سطحی صاف بگذارید. اگر شهرتان در نیم‌کرهٔ شمالی زمین است باید شاخص رو به شمال باشد و اگر در نیم‌کرهٔ جنوبی زمین زندگی می‌کنید شاخص را رو به جنوب تنظیم کنید.

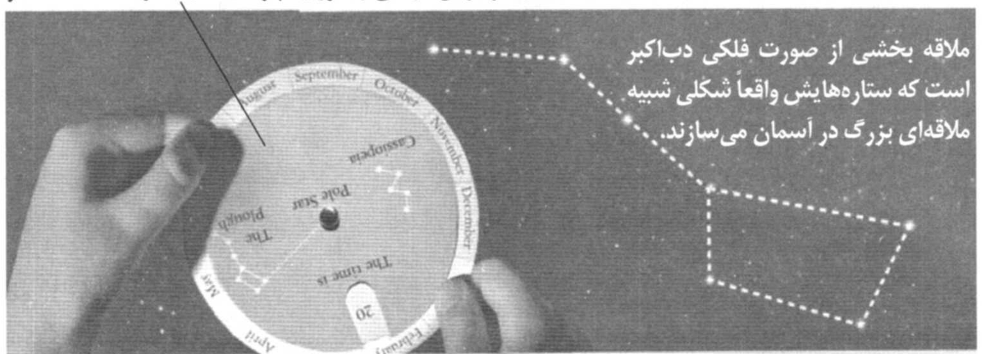
اطمینان حاصل کنید که ساعت آفتابی‌تان به سوی درست نشانه رفته است!

* فاصلهٔ ۱۵ درجه میان خطوط باعث می‌شود دقت ساعت شما تقریبی باشد. برای این‌که ساعت آفتابی دقیق‌تری داشته باشید، باید زاویهٔ میان خطوط ساعت را طوری تنظیم کنید که مناسب عرض جغرافیایی شهرتان باشد. می‌توانید این زاویهٔ مناسب را به‌کمک «محاسبه‌گر زاویهٔ سایهٔ ساعت آفتابی» (با جست‌وجوی عبارت انگلیسی «sundial shadow angle calcurator») در اینترنت به دست آورید.

ساعت ستاره‌ای بسازید ▼

اگر بتوانید فقط با نگاه کردن به ستاره‌ها زمان را بگویید حسابی دوستان‌تان را تحت تأثیر قرار می‌دهید! برای استفاده کردن از این ساعت باید بتوانید مکان ملاقهٔ دب‌اکبر و ستارهٔ قطبی را تشخیص بدهید. (توجه: این ساعت فقط در نیم‌کرهٔ شمالی زمین کار می‌کند!)

ماه جاری را در بالا نگاه دارید و قرص نارنجی را طوری بچرخانید تا با ستاره‌ها هماهنگ شود



قرص زیرین

گام ۱

برای ساختن این ساعت ستاره‌ای باید به یک دستگاه فتوکپی، اسکنر، یا پرینتر (چاپ‌گر) دسترسی داشته باشید. عکس قرص زیرین در این صفحه را به اندازهٔ ۴ برابر کپی کنید یا آن را اسکن و به اندازهٔ ۴۲ برابر چاپ کنید. بهتر است طرح را به جای کاغذ معمولیْ روی کاغذی کمی محکم‌تر چاپ کنید تا ساعت‌تان محکم‌تر باشد. قرص را از کاغذ بِبُرید. مراقب باشید که دایره خراب نشود و نیز دست‌تان را نَبُرید!

نحوهٔ استفاده از ساعت ستاره‌ای

رو به شمال بایستید و ساعت ستاره‌ای خود را عمودی مقابل خود بگیرید. ساعت را بچرخانید تا ماه فعلی بالای قرص قرار بگیرد. قرص زیرین را ثابت نگاه دارید و قرص رویی را طوری بچرخانید تا صورت‌های فلکی روی آن با آنچه در آسمان می‌بینید یکی شوند. حالا زمان را از جای مخصوص ساعت بخوانید.

قرص بالایی

گام ۲

قرص زیرین را روی مقوا بچسبانید تا محکم‌تر شود. قرص بالایی را روی قرص زیرین قرار دهید، روزنه‌ای در مرکز هر دو قرص ایجاد کنید و دو قرص را به‌کمک منگنه‌های گرد مخصوص کاغذ به هم متصل کنید.

ساعت ۲۴–ساعته روی این قرص نشان داده شده است

ذات‌الکرسی روبه‌روی ملاقه است. پیدا کردن آن آسان است زیرا ستاره‌هایش شکلی شبیه حرف M یا W انگلیسی در آسمان می‌سازند.

وزنِ‌کشی

مردم همیشه اشیای باارزش را خریدوفروش می‌کردند. درواقع تجارتْ بسیار پیش از آن‌که کسی به فکر اختراع پول بیفتد در میان مردم آغاز شده بود. با رشد تمدن‌ها و تولید محصولاتی بهتر برای دادوستَد، مردم به راه‌هایی نیاز پیدا کردند که مقدارها را بهتر بسنجند. به این ترتیب بود که یاد گرفتند چگونه هرچیز را وزن کنند.



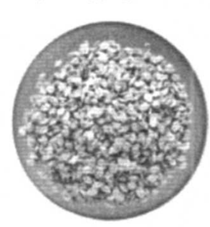
◀ در ترازو

اگر بتوانید چیزهایی را که مبادله می‌کنید بشمارید خریدوفروش آسان می‌شود. مثلاً می‌توانید به‌سادگی توافق کنید که یک گوسفند برابر باشد با ۲۰ جوجه. اما اگر بخواهید چیزی شمارش‌ناپذیر را معامله کنید چه می‌شود، مثلاً آرد، کره، یا طلا؟ عادلانه‌ترین راه برای این‌که بدانید از هرچیز چقدر دارید وزن کردن آن است. نخستین تاجرانْ وزن چیزها را با هم در دست‌شان مقایسه می‌کردند اما بعدها ترازوهایی ابداع کردند که مانند الّاکلنگ بالا و پایین می‌رفت. بابلیان باستان از سنگ‌های خاصی به جای وزنه‌های استاندارد در ترازو استفاده می‌کردند. این سنگ‌های قیمتی را صیقل می‌دادند و به‌شکل حیوانات می‌تراشیدند. در برخی کشورها برخی مردم هنوز از واحد «سنگ» برای وزن کردن خود استفاده می‌کنند (هر سنگ ۶/۳ کیلوگرم است).

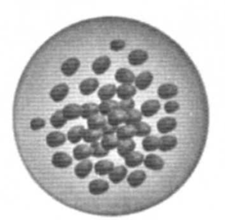




مصریان حدود ۵۰۰۰ سال پیش استفاده از ترازو برای وزن‌کشی را آغاز کردند.



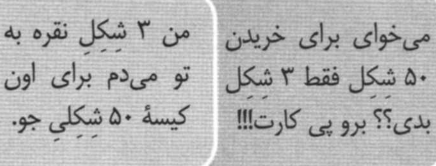


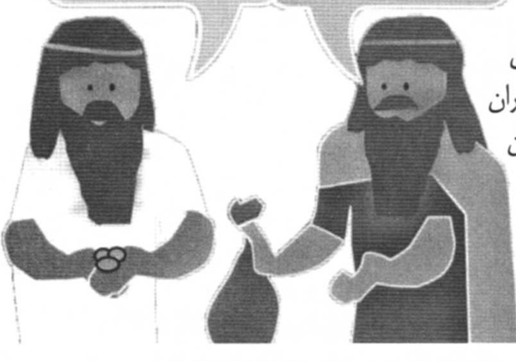


وزنِ‌کشی با دانه‌ها▲

دانه‌های غلات، مانند جو، برای وزن‌کشیِ کالاهای باارزش و کوچکی مانند سنگ‌های قیمتی و مروارید و طلا بسیار مفید بودند. بابلیان برای این کار از دانه‌های جو، یونانیان از گندم، و عرب‌ها از دانهٔ درخت خرنوب (دانه‌ای شبیه نخود) استفاده می‌کردند. وزن دانهٔ خرنوب به واحد وزن امروزی «قیراط» تبدیل شد که هنوز برای وزن‌کشی الماس و دیگر سنگ‌های قیمتی استفاده می‌شود. از آنجایی که وزن دانه‌های خرنوب با هم متفاوت است، واحد قیراط امروزی دقیقاً ۰/۲ گرم تعیین شده است.

پول درآوردن ◄



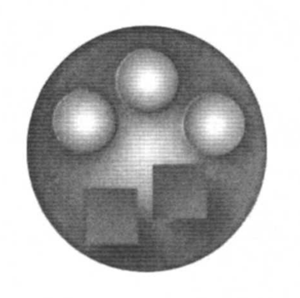
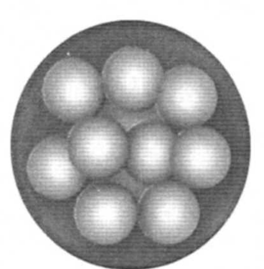


تاجران بابِلی اغلب برای معاملهٔ کالاها جو می‌پرداختند. آن‌ها مقدار مشخصی جو را در توده‌هایی به نام شِکِل جمع می‌کردند که هر شِکِل برابر با ۱۸۰ دانه جو بود. این روش چنان روش سودمندی برای پرداخت بود که شِکِل جو به نوعی واحد پول تبدیل شد. اما برای خریدن چیزی باارزش باید مقدار زیادی جو خرج می کردند و تاجران از حمل مداوم کیسه‌های سنگین جو خسته شدند. بنابراین به جای آن شروع به استفاده از وزنه‌های کوچک نقره کردند. این شِکِل‌های نقره، که به اندازهٔ یک کیسهٔ جو ارزش داشت، نخستین سکه‌های دنیا شدند. برخی از پول‌های رایج امروز کشورها هم حیات خود را به‌صورت وزنه‌های نقره آغاز کرده‌اند. مثلاً پوند انگلستان در اصل تکّه‌ای نقره به وزن دقیقاً یک پوند (۰/۴۵ کیلوگرم) بود.



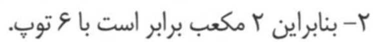

معماهای وزنی ▼

شاخه‌ای از ریاضی به نام جبر بر اساس این فکر بنا شده که همه‌چیز در تعادل نگاه داشته شود؛ مثلاً دو سوی یک معادلهٔ جبری همیشه با هم برابرند مانند دو کفهٔ ترازو. دو کفهٔ ترازویی را فرض کنید که در یک کفه ۹ وزنهٔ توپی و در کفهٔ دیگر ۳ وزنهٔ توپی و ۲ وزنهٔ مکعبی قرار دارند. اگر ترازو در حالت تعادل قرار بگیرد، نوعی معادله می‌سازد ($2c + 3b = 9b$). آیا می‌توانید حساب کنید که چند توپ برابر با یک مکعب است؟

این یکی از راه‌های حلّ این مسئله است:

۱- از هر طرف ۳ توپ بردارید. ترازو هنوز در حالت تعادل است.



۲- بنابراین ۲ مکعب برابر است با ۶ توپ.

۳- هر دو سو را بر ۲ تقسیم کنید.

۴- بنابراین هر مکعب برابر است با ۳ توپ.

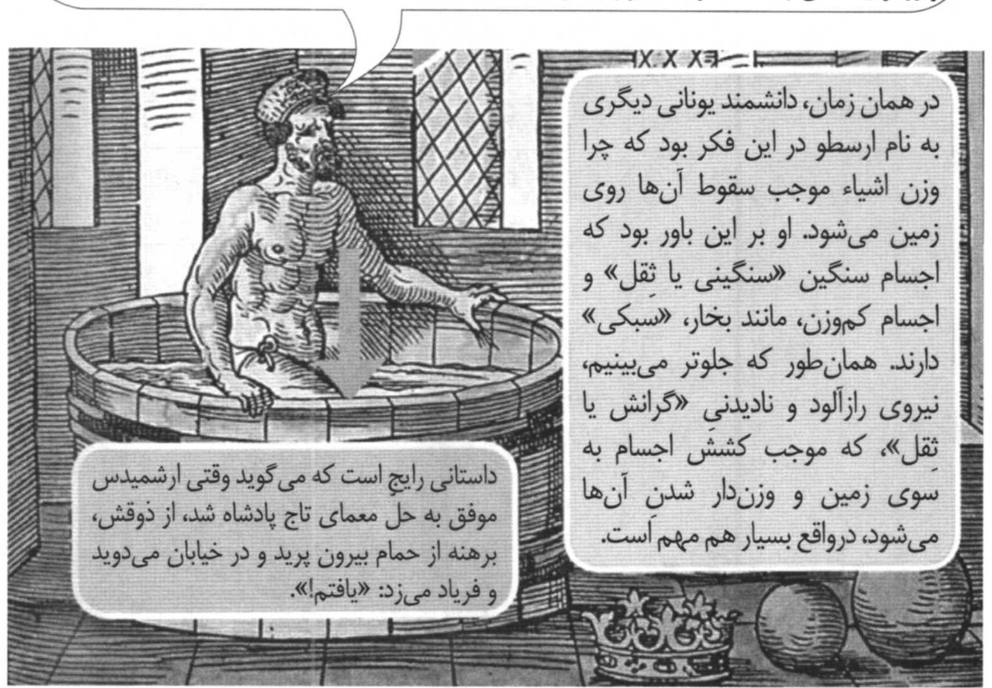
معمای کلّهٔ سنگین

چطور می‌توانید بفهمید وزن کلّه‌تان چقدر است بدون این‌که آن را از تن جدا کنید!؟ راهنمایی: چگالی بدن انسان تقریباً برابر است با آب.

پاسخ را در انتهای کتاب بیابید.

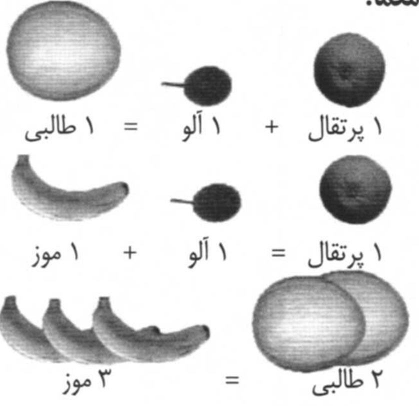
راهی جدید برای وزن‌کِشی

ارشمیدس، دانشمند یونانی، دانشِ وزن‌کِشی را با یافتن روش سنجش چگالی اجسام یک گام به پیش برد. جسمی چگال، مانند سنگ یا تکّه‌ای آهن، نسبت به اندازهٔ کوچک خود وزن بسیاری دارد. پادشاه یونان تاج جدید خود را به ارشمیدس داد و از او خواست بدون آسیب زدن به تاج بگوید که آیا از طلای عیار ۲۴ است یا ترکیب طلا و نقرهٔ ارزان‌قیمت‌تر (و البته کم‌چگال‌تر). راه‌حل زمانی به ذهن ارشمیدس رسید که وارد وان حمام شد و دید سطح آب با ورود او بالا آمد. او دریافت که می‌تواند تاج را به درون آب بیندازد و به کمک مقدار بالا آمدن آبْ حجم تاج را اندازه بگیرد. سپس می‌توانست تاج را وزن کند و با تقسیم کردن وزن بر حجم بفهمد که آیا چگالی تاج با طلای خالص برابر است یا خیر. چنین نبود. تاج تقلبی بود و زرگری که آن را ساخته بود محکوم به مرگ شد.



باز هم معما:

ببینید می‌توانید معمای بعدی را خودتان حل کنید. یک ترازو دارید و چند میوه و درمی‌یابید که ترکیبات سمت راست با هم برابرند:



می‌توانید حساب کنید که چند آلو برابر است با یک پرتقال؟

پاسخ را در انتهای کتاب بیابید

جادوریاضی‌دانان مصر، یونان و روم باستان بر دانش یکدیگر بنایی ساختند و درک خود از جهان را بهتر کردند. اما وقتی امپراتوری روم حدود سال ۴۰۰ میلادی فروپاشید، اروپا وارد سراشیبی سقوط شد. ریاضیات و علوم به مدت ۱۰۰۰ سال هیچ پیشرفتی نکرد؛ این دوره را امروزه عصر تاریکی می‌نامیم.

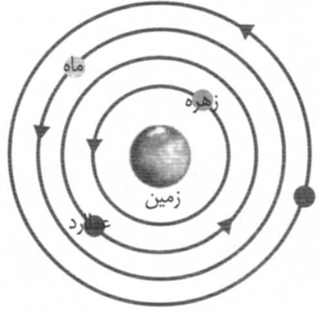
اما در دیگر بخش‌های دنیا پیشرفت‌ها ادامه داشت. در هند، ریاضی‌دانان هندی سیستم اعداد مبتکرانه‌ای را خلق کردند که امروز استفاده می‌کنیم. این اعداد در دنیای عرب و ایران هم همچون آتشی خشمگین گسترش یافت و تاجران دریافتند که به کمک آن‌ها محاسبات چقدر آسان‌تر است.

وقتی اعداد هندی به اروپا رسیدند، منجر به برپا شدن انقلابی به نام رُنسانس شدند. حالا علم دوباره رونقی گرفته بود و دانشمندان از ریاضیات جدید برای بررسی نیروی مرموز گرانش و حرکت سیارات استفاده کردند و کشف‌های بسیار حیرت‌انگیزی انجام دادند. در همین حال، بازرگانان سفرهای پُرمخاطره‌تری را در پهنهٔ اقیانوس‌ها انجام می‌دادند و گوشه‌های ناشناختهٔ دنیا را به روی نقشه می‌آوردند.
این دوران، عصر خارق‌العادهٔ پیشرفت‌های علمی و کاوش‌های پُرمخاطره بود؛ **عصر اکتشاف**.



چی دور چی می‌گرده؟

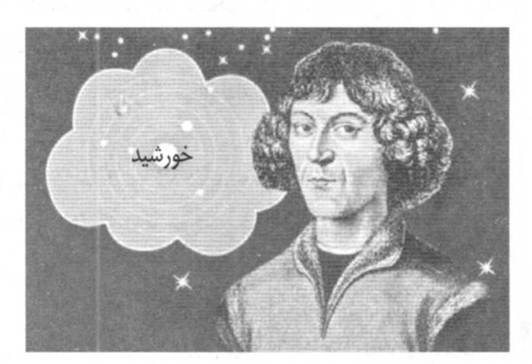
ریاضی‌دانان دنیای باستان فهمیده بودند که زمین گرد است و حتی اندازه‌اش را هم به دست آورده بودند. آن‌ها حرکت خورشید و سیارات را در آسمان نگاه می‌کردند که به نظر می‌رسید در دایره‌هایی عظیم حرکت می‌کنند و طبیعتاً تصور می‌کردند که زمین در مرکز همه‌چیز قرار دارد و «اجسام آسمانی» همه به دور زمینِ ما می‌گردند. اما معلوم شد که اشتباه می‌کنند. زمین در مرکز نبود و سیارات حتی در مسیرهای دایره‌ای حرکت نمی‌کردند. نبوغ دو فردِ حاضر در این صفحه و صفحه های بعد بود که حقیقت را آشکار کرد.

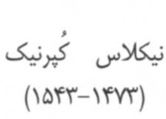


یونانیان تصور می‌کردند زمین در مرکز عالم قرار دارد.

چرا هفته هفت روز است؟ ◄

تا به حال به این فکر کرده‌اید که چرا هفته هفت روز دارد و نه پنج یا ده روز؟ علت این است که مردمان باستان در آسمان هفت جسم درخشان می‌دیدند که حرکت‌شان با ستاره‌ها تفاوت داشت و اسم روزها را به نام آن‌ها انتخاب کردند. امروزه در برخی زبان‌ها، مانند انگلیسی و فرانسوی، هنوز اسامی روزهای هفته بر اساس این اسم‌هاست: زحل، مشتری، مریخ، زهره، عطارد، ماه و خورشید.





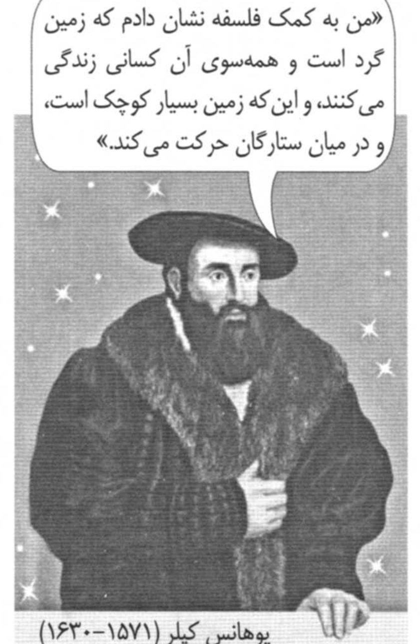
نیکلاس کُپرنیک
(۱۵۴۳-۱۴۷۳)

کُپرنیک ▲

در سال ۱۵۰۷ میلادی، اخترشناسی لهستانی به نام نیکلاس کُپرنیکوس (مشهور به کُپرنیک) کشفی کرد که بعدها اهمیتش آشکار شد. او دریافت که اگر فرض کند خورشید به جای زمین در مرکز منظومهٔ شمسی قرار دارد، بهتر می‌تواند مکان سیاره‌ها را پیش‌بینی کند. اما این به آن معنا بود که پس زمین هم می‌بایست به دور خورشید می‌گشت که تصوری اعجاب‌انگیز بود. حتی از آن هم شگفت‌آورتر این بود که به این ترتیب خورشید هر روز در آسمان حرکت نمی‌کرد و این تصویر در اثر چرخش زمین بود. کُپرنیک کاملاً درست می‌گفت اما این افکار با باورهای مذهبی آن زمان، که خدا زمین را مرکز عالم آفریده است، در تضادّ آشکار بود. بنابراین، کُپرنیک برای این‌که با کلیسا درنیفتد صبر کرد و زمانی نظریه‌اش را در قالب کتابی منتشر کرد که خود در بستر مرگ بود.

کِپلِر

یوهانس کِپلِر اخترشناس ۲۸ سال پس از مرگ کُپرنیک در آلمان به دنیا آمد. کُپرنیک فکر می‌کرد سیاره‌ها در مسیرهای دایره‌ای‌شکل حرکت می‌کنند اما رصدهای بسیار دقیق کپلر از حرکات سیارات با دایره بودن مسیر آن‌ها جور درنمی‌آمد. بنابراین او به بررسی دیگر شکل‌ها پرداخت تا این‌که به پاسخ رسید: بیضی. برخلاف دایره، که یک مرکز دارد، بیضی دو مرکز دارد (که کانون نام دارند) و معلوم شد که خورشید همیشه در یکی از این کانون‌هاست (قانون اول کپلر) کپلر همچنین دریافت که سیاره‌ها وقتی در مسیرشان به خورشید نزدیک‌تر می‌شوند سریع‌تر حرکت می‌کنند انگار که چیزی آن‌ها را می‌کِشد(قانون دوم کپلر) همان‌طور که جلوتر در همین کتاب می‌بینیم، همین موضوع سرنخی بسیار اساسی برای یکی از بزرگ‌ترین کشف‌های علمی تاریخ شد. سومین قانون کپلر این بود که خط واصل سیاره و خورشید در زمان های مساوی مساحت های مساوی را در مدار طی می کند.



یوهانس کپلر (۱۵۷۱-۱۶۳۰)

همه‌ی چیزی که برای این بازی نیاز دارید یک توپ، یک لولهٔ مقوایی محکم، و مقداری نخ (و بازوهایی پُرقدرت) است.

این روشی است که احتمالاً کپلر به کمک آن نظریه‌اش را به مردمی شرح می‌داده است که نبوغ ریاضی نداشتند...

۱- توپی را به انتهای نخی ببندید و نخ را از میان لوله‌ای مقوایی عبور دهید.

۲- با یک دست لوله را بسیار بی‌حرکت نگاه دارید و نخ را در دست دیگر بگیرید. نخ را بکشید و رها کنید تا موجب چرخش توپ در مسیری دایره‌ای شوید.

۳- وقتی توپ در قوسِ رو به بالای مسیر است، نخ را کمی بکِشید تا آن را کمی کوتاه‌تر کنید. وقتی توپ وارد قوسِ رو به پایین می‌شود نخ را رها کنید تا طولش بیشتر شود. حالا مسیر حرکت توپ بیضی است.

توضیح

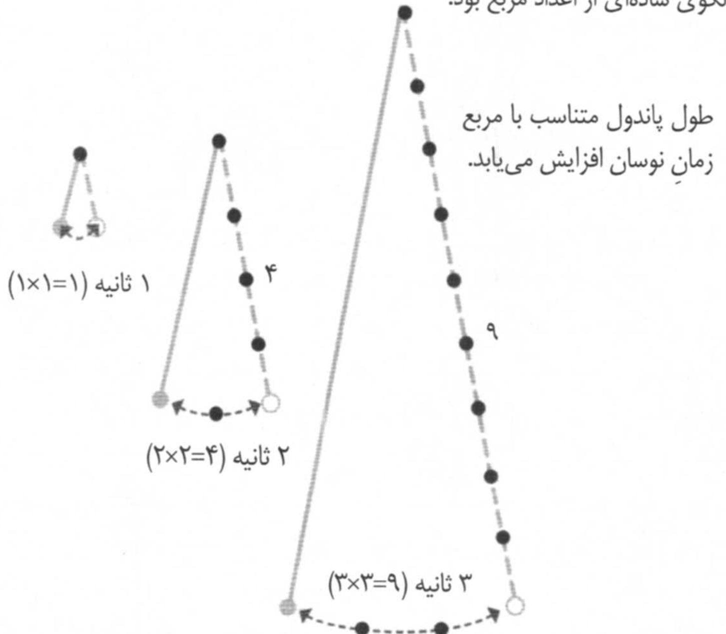
وقتی نخ را می‌کِشید احساس می‌کنید که سرعت توپ افزایش یافته و نیز نیروی قوی‌تری را در نخ حس می‌کنید. وقتی سیاره‌ای به خورشید نزدیک می‌شود نیز به همین ترتیب بر سرعتش افزوده می‌شود. کپلر فکر می‌کرد که این باید نوعی کشش «مغناطیسی» میان خورشید و سیاره‌ها باشد، اما واقعاً چه بود؟ این معما را بعدها دانشمند انگلیسی، ایزاک نیوتن، حل می‌کند.

گالیلهٔ بزرگ

در همان زمانی که کپلر زندگی می‌کرد، دانشمندی ایتالیایی به نام گالیله پیشرفت‌هایی در علم ایجاد کرد که دنیا را برای همیشه تغییر داد. شاید گالیله را بتوانیم نخستین دانشمند واقعی جهان بنامیم زیرا نظریه‌پردازی می‌کرد و سپس برای اثبات عملی آن‌ها دست به آزمایش‌های بسیار دقیق می‌زد.t

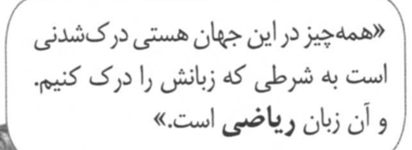
◀ زمان‌های نوسان

روزی در سال ۱۵۸۱ میلادی، گالیلهٔ ۱۷ساله که در کلیسایی حضور داشت حوصله‌اش سَر رفت و به چراغی خیره شد که از سقف آویزان بود و به‌سبب وزش نسیمی تکان می‌خورد. از سر کنجکاوی حساب کرد که هر حرکت رفت‌وبرگشت چراغ چقدر طول می‌کشد؛ او ضربان قلبش را واحد زمان در نظر گرفت (آن‌زمان هنوز ساعت ابداع نشده بود). همهٔ حرکت‌ها برابر بودند و فرقی نمی‌کرد که چراغ چه طولی را طی می‌کرد. گالیله، که از این کشف خود شگفت‌زده شده بود، در خانه پاندولی برای خود ساخت و هر بار طول نخ را افزایش داد تا ببیند آیا بر زمان نوسان تأثیری دارد یا خیر. چنین شد و الگوی ریاضی‌وار شگفت‌آوری آشکار شد. برای دو برابر کردن زمان نوسان باید نخ را ۴ برابر بلندتر می‌کرد. برای سه برابر کردن زمان، نخ باید ۹ برابر بلند می‌شد. این الگوی ساده‌ای از اعداد مربع بود.



طول پاندول متناسب با مربع زمانِ نوسان افزایش می‌یابد.

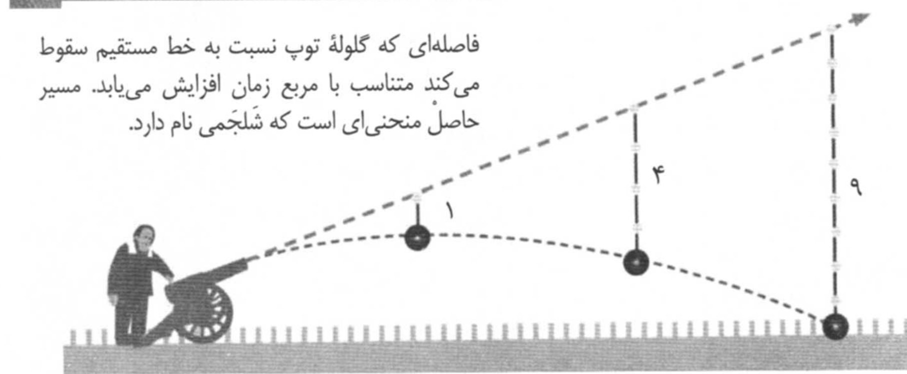
در ساعت‌های قدیمی خانهٔ پدربزرگ‌ها هم پاندول وظیفهٔ زمان‌سنجی را بر عهده دارد.



تیک، تاک ...

گالیله کشف کرد که برای سنجش دقیق زمان می‌توان از پاندول استفاده کرد. این روش خیلی بهتر از هر نوع ساعت آفتابی یا آبی عمل می‌کرد. گالیله حتی در زمان پیریْ ساعتی طراحی کرد که با پاندول تنظیم می‌شد اما این ساعت تا پس از مرگ او ساخته نشد. ساعت‌های پاندولی یا آن‌هایی که ساختار تنظیم مشابهی داشتند از آن زمان تا ۳۰۰ سال بهترین ابزارهای زمان‌سنجی بودند.

گالیله‌ئو گالیله‌ئی (۱۵۶۴-۱۶۴۲)

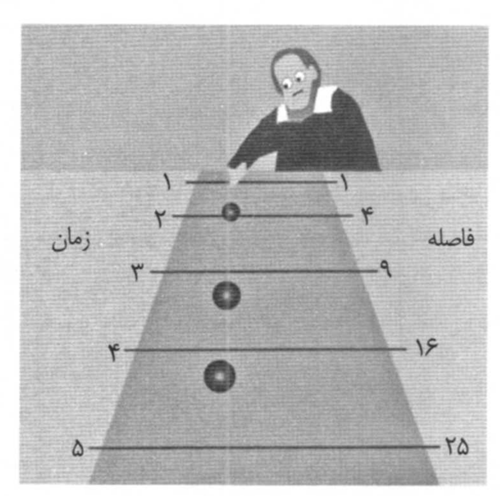


فاصله‌ای که گلولهٔ توپ نسبت به خط مستقیم سقوط می‌کند متناسب با مربع زمان افزایش می‌یابد. مسیر حاصلْ منحنی‌ای است که شَلجَمی نام دارد.

ریاضیات در جنگ

گالیله دریافت که می‌تواند از الگوی اعداد مربع خود برای به دست آوردن مسیر دقیق گلوله‌های توپ استفاده کند. گلولهٔ توپ با سرعتی ثابت در جهت افقی حرکت می‌کند اما از خط آتش به سوی پایین را با سرعتی شتاب‌دار سقوط می‌کند. درست مانند توپی که از ارتفاعی پایین بیفتد که متناسب با مربع زمان به سوی زمین شتاب می‌گیرد. به لطف کار گالیله، سربازان از آن پس می‌توانستند مسیر گلولهٔ توپ را محاسبه کنند و هدف‌های خارج از دید را هم بزنند. از آن زمان به بعد، دیوارهای شهرها دیگر راه خوبی برای دفاع محسوب نمی‌شدند و قدیمی شده بودند.

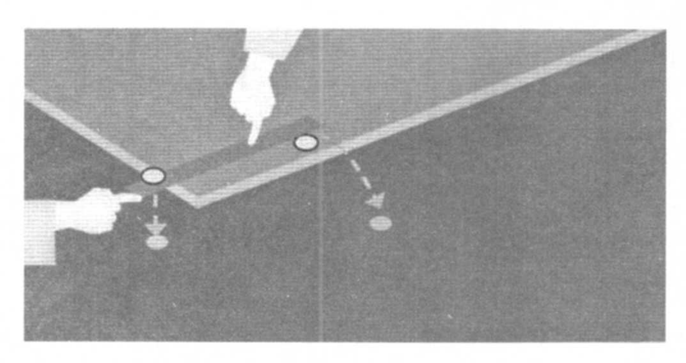
پیش از گالیله، مردم تصور می‌کردند که هرچه جسمی سنگین‌تر باشد هنگام سقوط سرعت بیشتری خواهد داشت. اما گالیله متوجه شد که وزن «گویِ» پایین پاندول ساعتش در سرعت نوسان آن هیچ تغییری ایجاد نمی‌کند. او همچنین در آزمایشی سعی کرد چیزهایی با وزن‌های مختلف را هم‌زمان از ارتفاع (احتمالاً برج پیزا) پایین بیندازد تا ببیند آیا جسم سنگین‌تر زودتر به زمین می‌رسد یا خیر. آن‌ها در یک لحظه به زمین رسیدند، بنابراین وزن هیچ تفاوتی ایجاد نمی‌کند. این هم کشف شگفت‌انگیز دیگری بود.



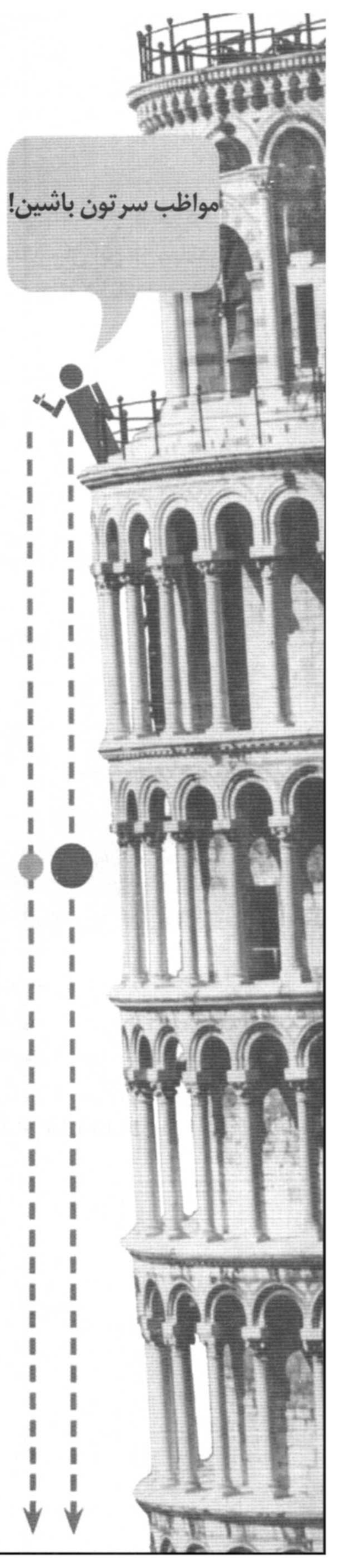
فاصلهٔ توپی در حال سقوط، متناسب با مربع زمان افزایش می یابد.

غَلت، غلت، غلت ▲

گالیله متوجه شد که وزنه‌ها در حین سقوط سرعت‌شان بیشتر و بیشتر می‌شود؛ درواقع شتاب می‌گیرند. این موضوع دوباره کنجکاوی او را برانگیخت. او با غَلت دادن وزنه‌ها روی سطحی شیب‌دار از شدت سقوط عمودی کاست. او ساعت یا زمان‌سنجی نداشت تا سرعت حرکت را بسنجد، بنابراین نخ‌های محکمی سر راه وزنه‌ها گذاشت تا وقتی از روی نخ‌ها می‌گذرند صدای ارتعاش نخ را بشنود. سپس فاصلهٔ نخ‌ها را طوری تنظیم کرد که ارتعاشاتْ صدای منظمی تولید کنند. او فاصلهٔ میان نخ‌ها را اندازه گرفت و همان الگوی اعداد مربع را یافت که در پاندول به آن رسیده بود.



گالیله می‌گفت گلوله‌ای که یک‌وَری (از پهلو) شلیک شود با همان سرعتی سقوط می‌کند که توپی عمودی روی زمین سقوط کند. می‌توانید این آزمایش را با یک خط‌کش و دو سکّه انجام بدهید. سکه‌ای را روی خط‌کش و دیگری را روی میز قرار دهید. وسط خط‌کش را با انگشت‌تان نگه دارید تا پاشنهٔ چرخشی ایجاد کنید و به انتهای خط‌کش ضربه‌ای ناگهانی بزنید. دو سکّه باید هم‌زمان روی زمین بیفتند.



دربارهٔ گرانش

گالیله کشف کرد که گلوله‌های توپ چگونه در مسیری منحنی در هوا حرکت می‌کنند. کپلر کشف کرد که سیارات در مسیری بیضی شکل به دور خورشید می‌گردند. اما هیچ‌کدام ارتباطی میان این دو ندیدند. در همان سالی که گالیله درگذشت (۱۶۴۳ میلادی)، ایزاک نیوتن به دنیا آمد و او بود که قطعات این پازل را کنار هم گذاشت و پاسخ را یافت. او این پاسخ را «گرانش» نامید.

«من فقط کودکی مشغول بازی در ساحلم، درحالی‌که اقیانوس‌های عظیمی از حقیقت، کشف‌نشده، در برابرم قرار دارد.»

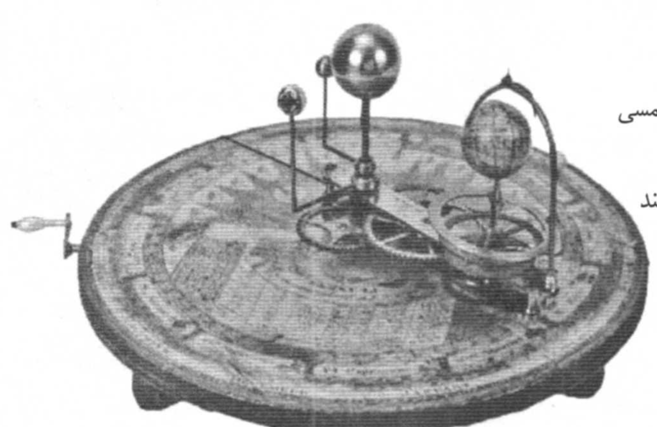
ایزاک نیوتن (۱۶۴۳-۱۷۲۷)

سیب نیوتن ◄

در سال ۱۶۶۶، ایزاک نیوتن از لندن گریخت و به مزرعهٔ مادرش رفت تا از بیماری طاعون، که در حال شیوع در سرتاسر انگلستان بود، در امان بماند. تماشای سیبی که از درختی افتاد او را به این فکر انداخت که شاید همان نیرویی که سیب را به سوی زمین کشید ماه را هم می‌کِشَد. او فکر کرد که اگر چنین است پس چرا ماه، به جای این‌که تا ابد در مداری به دور زمین بگردد، روی آن سقوط نمی‌کند؟

«اگر من توانسته‌ام دورتر را ببینم فقط به این سبب است که بر شانهٔ غول‌ها ایستاده‌ام.»

معمولاً مردم این داستان را می‌گویند که وقتی سیب از درخت روی سر نیوتن افتاد او گرانش را کشف کرد اما این حقیقت ندارد. در واقعیت، سال‌ها طول کشید تا او همهٔ محاسبات ریاضی لازم برای درک عملکرد گرانش را به پایان رساند. و البته سیب روی سر او نیفتاد!



مدل ساعت‌وار منظومهٔ شمسی

نیوتن بر این باور بود که عالم مانند ساعت کار می‌کند و حرکات سیارات تحت سلطهٔ قوانین سادهٔ ریاضی است.

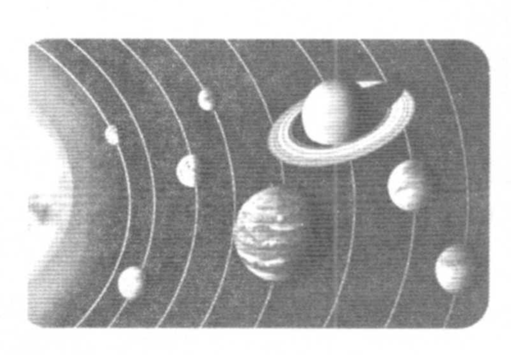
نیروی گرانش

گالیله کشف کرد که گلولهٔ توپ حین سقوط به سوی زمین بازمی‌گردد زیرا نیروی وزنش آن را از خط مستقیمِ شلیک دور می‌کند. نیوتن به این فکر افتاد که اگر گلولهٔ توپ آن‌قدرِ سریع شلیک شود که انحنای مسیرش حتی از انحنای زمین ملایم‌تر باشد. در این صورت، جسم به سقوطش ادامه می‌دهد بدون این‌که به سطح زمین برسد و درواقع در مداری به دور زمین قرار می‌گیرد. نیوتن، با نبوغی که داشت، دریافت که این در حقیقت کاری است که ماه انجام می‌دهد: همیشه به سوی زمین سقوط می‌کند اما هرگز روی آن نمی‌افتد. ماه، که نیروی گرانش زمین آن را می‌کِشَد، همواره در حال سقوط است اما هرگز به زمین نزدیک‌تر نمی‌شود. درست مانند گلولهٔ توپ گالیله بود، فقط در مقیاسی بسیار عظیم.



سرتاسر عالم

موضوع بعدی که نیوتن دریافت این بود که گرانش خورشید نیز، درست به همین سبب، سیاره‌ها را در مدارهایی به دور آن به دام انداخته است. او دریافت که همهٔ اجسام بر یکدیگر نیروی گرانش وارد می‌کنند؛ نیرویی متناسب با مجموع جرم آن‌ها. خورشید آن‌قدر پُرجرم است که همهٔ سیاره‌ها را به سوی خود می‌کِشَد. حالا نیوتن مدارک کافی داشت تا بفهمد چرا سیارات در مدارهای بیضی شکلی حرکت می‌کنند که کپلر کشف کرده بود. نیروی گرانش باید با افزایش فاصله کاهش بیابد، و به همین سبب سیاره‌ها وقتی از خورشید دورند آهسته‌تر و وقتی به آن نزدیک‌اند سریع‌تر حرکت می‌کنند (درست مثل همان توپ و نخ در صفحهٔ ۵۶).



ویژگی‌های خوب نیوتن...

بی‌شک نیوتن نابغه بود. کار او دربارهٔ گرانش سه «قانون حرکت» را تدوین کرد که شرح می‌دهند چطور نیروها بر حرکت اجسام – از اتم‌ها تا سیارات – در عالم حاکم‌اند. اما نیوتن همچنین انسانی بداخلاق، تلخ، و بسیار عجیب و غریب بود...

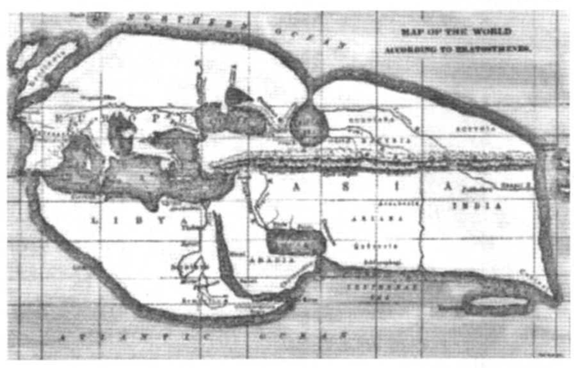
* او به‌شدت باهوش و سخت‌کوش بود.
* او کشف کرد که سیارات چرا و چگونه به دور خورشید می‌گردند و معمایی به قدمت چند قرن را حل کرد.
* او بنیان‌گذار علم فیزیک بود و مهم‌ترین قوانین این علم را تدوین کرد.
* او شاخه‌ای کاملاً جدید در ریاضیات ابداع کرد که حالا حساب دیفرانسیل و انتگرال نام دارد.
* او مفاهیم تکانه (اندازه حرکت) و اینرسی (لَختی) را شرح داد.
* او کشف کرد که نور سفید ترکیبی از رنگ‌های مختلف است.
* او مخترع تلسکوپ بازتابی است.
* او مخترع سکّه‌هایی با لبهٔ برجسته است.
* او مخترع دریچهٔ گربه‌رو روی در خانه است.

... و ویژگی‌های بد او ▲

* او از مردم دیگر متنفر بود و به‌تنهایی کار می‌کرد.
* او برای خود دشمن‌تراشی می‌کرد و کینه‌توز بود.
* او برای یافتن دستور تولید طلا (که البته ناممکن بود) زمان زیادی را هدر داد.
* او با استفاده از انجیل حساب کرد که خدا دنیا را ۳۵۰۰ سال پیش از میلاد خلق کرده است.
* او سرتاسر کتاب مشهور خودش، اصول، را جست‌وجو کرد و هرگونه ارجاعی به رابرت هوکِ دانشمند را حذف کرد زیرا به‌شدت از او تنفر داشت.
* او یک‌بار به مادر و ناپدری خود گفت که روزی خانه‌شان را به آتش می‌کِشد و هر دوشان را می‌کُشد.
* او با پَر و جوهر، نظریاتش را در قالب کتاب دست‌نویس عظیمی نوشت که اصول نام گرفت. او تا جایی که می‌توانست کتاب را پیچیده کرد؛ فقط برای این‌که دشوار باشد.

کجای زمین؟

تا سده‌های میانه (قرون وسطی)، اغلب مردم به‌ندرت تا فاصله‌های زیاد مسافرت می‌کردند. فقط ارتشیان یا بازرگانان بیش از چند کیلومتر از خانه‌شان دور می‌شدند. نقشه‌ها نادر بودند و در عوض مسافران از توصیف‌های نوشته‌شده استفاده می‌کردند یا راه‌ها را با به یاد سپردن علامت‌هایی مانند رود و کوه یا شهرهایی در راه حفظ می‌کردند.



در مرکز نقشهٔ اراتوستن بخش‌های شناخته‌شدهٔ دنیا وجود داشت اما جزئیات خشکی‌ها در شمال و جنوب محدود بودند.

کسی نقشه دارد؟ ▲

پیش از این‌که به جایی بروید باید بدانید که مسیرتان را از کجا آغاز می‌کنید. اراتوستن، اخترشناس یونانی، که دریافته بود دنیا چقدر بزرگ است سعی کرد آن را به‌صورت نقشه‌ای تخت بکشد و در این ترسیم از مجموعه‌ای از خط‌های عمودی و افقی به نام طول و عرض جغرافیایی استفاده کرد. او با کشیدن این خطوط به‌صورت شبکه توانست مکان‌های مشخص و خطوط ساحلی را رسم کند. با وجودی که یونانیان توانسته بودند عرض‌های جغرافیایی را به‌خوبی محاسبه کنند محاسبهٔ طول جغرافیایی دشوارتر بود و نقشهٔ اراتوستن، هرچند که برای ناحیهٔ مدیترانه خوب بود، برای بقیهٔ نقاط جهان چندان کارایی نداشت.

> عرض جغرافیاییِ استوای زمین صفر درجه است، این خط به دور محیط زمین و در فاصله‌ای مساوی نسبت به قطب شمال و جنوب قرار گرفته است.

عرض جغرافیایی ◄

خطوط عرض جغرافیایی به شما می‌گویند که روی نقشه چقدر بالاتر یا پایین‌تر از خط استوا هستید. آن‌ها خطوطی افقی‌اند که به موازات خط استوا قرار گرفته‌اند. از آنجایی که عرض جغرافیایی را به‌صورت زاویه‌هایی به سوی بالا یا به سوی پایین از خط استوا اندازه می‌گیریم از صفر تا ۹۰ درجه به سوی هر قطب تغییر می‌کنند. روی نقشه‌ها، معمولاً شمال یا جنوب بودنِ عرضِ جغرافیایی نسبت به استوا را مشخص می‌کنند؛ مثلاً ۳۰ درجهٔ شمالی گاهی هم با علامت مثبت و منفی برای شمال یا جنوب نشان داده می‌شوند (مثلاً ۳۰- درجه مساوی است با ۳۰ درجهٔ جنوبی).

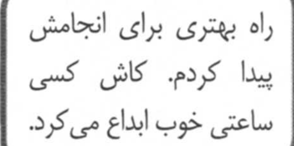


◀ عرض جغرافیایی خود را پیدا کنید...

همان‌طور که پیش‌تر هم دیدیم، می‌توانید با اندازه‌گیری ارتفاع ستارهٔ قطبی عرض جغرافیایی خود را پیدا کنید. دست‌تان را به اندازهٔ بازوی کشیده از بدن‌تان دور نگاه دارید به‌طوری‌که انگشتان‌تان موازی افق باشند. پهنای هر چهار انگشت کنار هم تقریباً ۱۵ درجه است، بنابراین با سنجش این‌که برای رسیدن به ستارهٔ قطبی چند انگشت لازم است می‌توانید عرض جغرافیایی خود را به دست آورید. در نیم‌کرهٔ جنوبی می‌توانید ستارهٔ سیگمای صورت فلکی هشتک (اُکتان) را ستارهٔ قطبی بگیرید (از یک نقشهٔ آسمان شب کمک بگیرید).

◀ اسطرلاب

دریانوردان و منجمان یونانی و مسلمان با استفاده از ابزاری به نام اسطرلاب عرض جغرافیایی محل را اندازه‌گیری می‌کردند. این ابزار شامل صفحه‌ای بود که روی آن تقویمی به همراه نقشه‌ای از آسمان حک شده و تقسیمات درجه‌ها و ساعت‌ها بر لبه‌اش مشخص شده بودند. صفحه‌ای متحرک با علایمی برای ستاره‌های مهم و مسیر حرکت سالانهٔ خورشید روی صفحهٔ زیری قرار می‌گرفت. با هم‌خط کردن افق با خورشید یا ستاره‌ای دیگر به‌کمک شاخص‌های این ابزار می‌توانید عرض جغرافیایی محل‌تان، یا اگر می‌دانید کجا هستید، تاریخ و ساعت را به دست آورید.



◀ ... اما یافتن طول جغرافیایی دشوارتر است

یکی از نخستین افرادی که فهرستی از مکان‌های مختلف جهان به همراه طول و عرض جغرافیایی‌شان تهیه کرد ریاضی‌دان رومی، بطلمیوس، بود. برای به دست آوردن طول جغرافیایی باید بتوانید زمان را به‌دقت بسنجید و این کار وقتی ساعت مناسبی نداشته باشید بسیار دشوار است. کار بطلمیوس بد نبود، اما ۱۷۰۰ سال طول کشید تا مسئلهٔ طول جغرافیایی حلّ شود.

از کدام طرف برویم؟ ◀

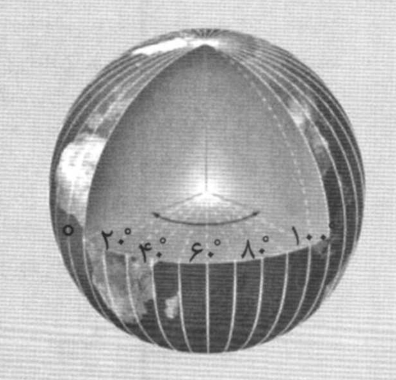
هیچ‌کس نمی‌داند فکر شمال، جنوب، شرق و غرب از کجا پدید آمد. بشرِ نخستین دریافت که خورشید از جهتی، که امروز آن را شرق می‌نامیم، طلوع و در جهت مخالف (غرب) غروب می‌کند و میان این دو نقطه در مسیرش به بالاترین ارتفاعش در آسمان می‌رسد و در آن لحظه در نقطهٔ جنوب قرار می‌گیرد. هر مسافر با توجه به مکان خورشید در آسمان و رفتن به سوی آن یا در خلاف جهت آن می‌فهمید که به کدام جهت در حرکت است.





طول جغرافیایی ▲

خطوط طول جغرافیایی روی نقشه نشان می‌دهند که چقدر نسبت به محلی مشخص به چپ یا راست رفته‌اید. این خط‌ها به‌صورت عمودی از قطب شمال به قطب جنوب کشیده شده‌اند. از آنجا که استوا دایره است می‌توانیم از آن برای تقسیم محیط زمین به ۳۶۰ خط طول جغرافیایی استفاده کنیم. مبدأ طول جغرافیایی نصف‌النهار مبدأ (صفر درجه) است که از شهر لندن می‌گذرد. طول جغرافیایی را در غرب (منفی) یا شرق (مثبت) این خط می‌سنجیم. بیشترین عددی که می‌توانید در هر دو سمت غرب یا شرق پیش بروید ۱۸۰ درجه است.



نقطه‌ای که شرق و غرب به هم می‌رسند در میان اقیانوس آرام قرار دارد و آن را خط جهانی تاریخ می‌نامیم. با رفتن از یک سو به سوی دیگر این خط وارد دیروز یا فردا می‌شوید! چه کسی گفته است نمی‌توان در زمان سفر کرد!؟



مختصات ▲

تولیدکنندگان نقشه و راه‌یاب‌ها برای مشخص کردن نقاطی روی سطح زمین از طول و عرض جغرافیاییِ آن نقاط استفاده می‌کنند. این جفت عددها را مختصات آن نقطه می‌نامیم. این روشی بود که منجم یونانی، ابرخُس، برای نقشه کشیدن از اجرام آسمانی از آن استفاده کرد و بعدها برای زمین هم به کار گرفته شد. نخست بالا یا پایین خط استوا را به دنبال عرض جغرافیایی محل مورد نظر نگاه می‌کنید. سپس غرب یا شرق نصف‌النهار مبدأ را نگاه می‌کنید تا به طول جغرافیایی آن محل برسید. نقطه‌ای که دو خط طول و عرض جغرافیایی با هم برخورد کرده‌اند، مکان مورد نظر شماست. مثلاً مختصات شهر تهران را به این صورت می‌نویسیم: ۵۱ E، ۳۵ N (یعنی ۳۵ درجهٔ شمالی و ۵۱ درجهٔ شرقی).

پایه‌های معلّق (گیمبال‌ها)

قطب‌نمای خشک

قطب‌نما ◄

یافتن راه، در قرن یازدهم که چینی‌ها نخستین قطب‌نما را ساختند، بسیار آسان‌تر شد. آن‌ها دریافتند که اگر سوزنی آهنی را درون سنگی مغناطیسی فرو کنند و آن را در کاسه‌ای آب شناور کنند، در جهت شمال-جنوب می‌ایستد. این نوع قطب‌نما بر سطحی هموار خوب کار می‌کرد اما نمی‌شد از آن روی سطح متلاطم دریا استفاده کرد. قطب‌نمای «خشک» حوالی سال ۱۳۰۰ میلادی در اروپا اختراع شد. این قطب‌نما تشکیل شده بود از سوزنی که بر سر سوزنی دیگر قرار داشت و با مجموعه‌ای از تکیه‌گاه‌های چرخان، به نام گیمبال یا پایهٔ معلّق، در حالت تعادل نگاه داشته می‌شد. سوزنْ مستقل از صفحهٔ قطب‌نما حرکت می‌کرد و شما می‌توانستید صفحه را بچرخانید تا جهتی را نشان دهد که می‌خواستید به آن سو سفر کنید.

در دریا

یافتن راه درست در دریا خطرناک بود. بیشتر دریانوردانِ نخستین، سعی می کردند در دیدرَس ساحلْ دریانوردی می‌کنند تا همیشه بتوانند بندرها، دهانهٔ رودها، خلیج‌ها، و دماغه‌ها را سریع ببینند. اما نزدیکی بیش از حدّ به ساحل هم ممکن بود هفته‌ها به سفری کوتاه بیفزاید و همچنین ممکن بود کشتی را به آب‌های متلاطم بیندازد. گاهی می‌بایست به میان دریا پیش می‌رفتند و راه‌شان را به‌کمک خورشید و دیگر ستاره‌ها می‌یافتند.



◀ نقشه‌های پُرتلَن

استفاده از قطب‌نما انقلابی بزرگ در تاریخ مسیریابی دریایی ایجاد کرد. در انتهای قرن سیزدهم میلادی، دریانوردان با استفاده از قطب‌نما و اندازه‌گیری عرض جغرافیایی شروع به ترسیم خطوط ساحلی دورتادور اروپا کرده بودند. این نقشه‌ها، که به نقشه‌های «پُرتُـلَن» مشهور شدند، پُر از خطوط متقاطعی بودند که بندرها و مکان‌های مشخص در سواحل را به یکدیگر متصل می‌کردند. اگر قطب‌نمای‌تان را درست تنظیم و این خطوط را دنبال می‌کردید، سرانجام به مقصد نهایی خود می‌رسیدید.

◀ این نقشه سواحل شمال‌غربی آفریقا را نشان می‌دهد. پرتقالی‌ها نخستین مردمانی بودند که در سفرهای خود به آفریقا در جست‌وجوی طلا تا جنوبی‌ترین سواحل آفریقا رفتند.



آن پرنده را دنبال می‌کنیم!

دریانوردان گاهی از کلاغ برای مسیریابی استفاده می‌کردند. در آب‌وهوای بد، کلاغ را از قفسش بالای دکل کشتی آزاد می‌کردند و این پرندهٔ بیزار از دریا به‌سرعت به سمت نزدیک‌ترین خشکی پرواز می‌کرد.





باشهامت رفتن ▲

دریانوردانی که عازم سفر می‌شدند خود را به قطب‌نما و جدول‌های مکان خورشید و ستاره‌ها مجهز می‌کردند تا در یافتن عرض جغرافیایی کمک‌شان کنند. وقتی به عرض جغرافیایی درست می‌رسیدند برای رسیدن به مقصد نهایی روی همان عرض فقط به سمت غرب یا شرق پیش می‌رفتند. اما خُب این کار هم خطای بسیاری داشت. تلاش برای اندازه‌گیری زوایا بر عرشهٔ نامتعادل کشتی روی دریاهای متلاطم کاری دشوار بود و اشتباهی در حدّ فقط چند درجه ممکن بود منجر به گم کردن مقصد شود. مشکل دیگر هوای ابری بود، یعنی زمانی که نمی‌توانستی خورشید یا ستاره‌ها را ببینی. این مشکل تا حدّی با استفاده از قطب‌نما برای یافتن جهت حل شده بود. اما دریانوردان همچنان گاه‌گاه برای چک کردن عرض جغرافیایی خود به آسمان صاف نیاز داشتند.

◀ آیا تقریباً آنجا هستیم؟

فکر کنم ساعت آفتابی کُند کار می‌کنه، الان باید به جِنوا رسیده باشیم.

حتی اگر در جهت درست پیش می‌رفتند، همچنان لازم بود که مکان‌شان را با استفاده از روش‌های «تخمین موقعیت» حدس بزدند. دریانوردان برای این کار می‌بایست سرعت و زمانِ گذشته از آغاز حرکت‌شان را می‌دانستند. زمان را می‌توانستند با استفاده از ساعت آفتابی، اسطرلاب، یا با ساعت شنیِ، که دقت کمتری داشت، بسنجند. سرعت را با استفاده از ابزار سرعت‌سنج کشتی (صفحهٔ بعد را ببینید) می‌سنجیدند یا میله‌ای را از سینهٔ کشتی به سوی عقب پرتاب می‌کردند تا بسنجند که چقدر طول می‌کشد تا میله به عقب کشتی برسد. ضرب سرعت در زمان هم مسافت طی‌شده را به آن‌ها می‌داد. جزئیات مسیر و این‌که کشتی هر روز چه مسافتی را طی کرده بود در دفتری به نام دفتر «گزارش سفر کشتی» ثبت می‌شد. اما وزش بادهای قوی یا جریان‌های شدید دریایی ممکن بود منجر به اشتباهاتی در مسیریابی شود.

سرعت‌سنج کشتی ◀

این ابزار عبارت بود از قطعه‌چوبی به‌شکل ربع دایره که به انتهای نخی بلند وصل بود. روی این نخ در فواصل منظم حدود ۱۴/۴ متری گره‌هایی وجود داشت. این قطعه را از عقب کشتی پرتاب می‌کردند و دریانوردان تعداد گره‌های طی‌شده در زمانی مشخص (۲۸ ثانیه) را می‌شمردند. به این ترتیب، دریانوردان می‌توانستند سرعت کشتی را بسنجند که امروز هنوز هم با واحد «گره» بیان می‌شود.



◀ اسطرلاب دریایی

اسطرلاب دریایی نمونه‌ای سنگین‌تر از اسطرلاب معمولی بود و بر صفحه‌اش حفره‌هایی ایجاد شده بود تا در باد شدید روی کشتی نلرزد. این وسیله شاخصی چرخان برای اندازه‌گیری ارتفاع خورشید یا ستاره‌ها داشت. دریانورد آن‌قدر این شاخص را حرکت می‌داد تا نور خورشید، یا ستاره‌ای در شب، از میان دو روزنه در هر دو انتهای شاخص دیده شود. سپس زاویهٔ شاخص را از روی مقیاسی بر لبهٔ اسطرلاب می‌خواند. این زاویه را می‌شد بعداً در جدول‌های نجومی هم پیدا کرد.

رُبع ◀

رُبع قطعه‌چوب یا برنزی به‌شکل ربع دایره بود که بر لبهٔ منحنی آن مقیاسی از درجه‌ها (صفر تا ۹۰ درجه) حک شده بود. از مرکز این ابزار شاقولی عمودی آویزان بود. لبهٔ بالایی را با ستاره‌ای هم‌خط می‌کردند و ارتفاع ستاره بر فراز افق از روی محل تقاطع شاقول و مقیاس درجه خوانده می‌شد.



دیرک صلیبی ◀

دیرک صلیبیْ قطعه‌ای چوب بود که روی آن با مقیاس درجه علامت‌گذاری شده بود. قطعه‌چوب کوچک دیگری به‌طور عمودی روی این چوب اصلی نصب می‌شد که بالا و پایین می‌رفت. دریانورد دیرک را روی استخوان گونهٔ خود قرار می‌داد و آن‌قدر قطعهٔ افقی را حرکت می‌داد تا یک انتهای آن روی افق و انتهای دیگرش روی خورشید یا ستاره قرار بگیرد. آن‌گاه می‌توانست عرض جغرافیایی مکان خود را روی مقیاس دیرک بخواند.

زاویه‌سنج سایه‌ساز ◀

زاویه‌سنج سایه‌ساز ابزاری شبیه دیرک صلیبی بود اما دریانورد مجبور نبود مستقیم به خورشید نگاه کند که ممکن بود به چشمانش آسیب برساند. او قطعه‌چوبی متحرک را بر قوسی کوچک آن‌قدر حرکت می‌داد تا سایه‌اش از میان شکاف روی پرهٔ افقی رد شود. آن‌گاه شکافی متحرک را بر قوس بزرگ حرکت می‌داد تا افق را ببیند. به این ترتیب او می‌توانست با استفاده از مقیاس روی قوس‌های بزرگ و کوچکْ عرض جغرافیایی را محاسبه کند.

طول جغرافیایی

قرن‌ها، بزرگ‌ترین مسئله در مسیریابی دریایی یافتن طول جغرافیایی بود. برای انجام دادن این کار باید دو چیز را بدانید: زمان در جایی که هستید و زمان در خانه‌تان را.

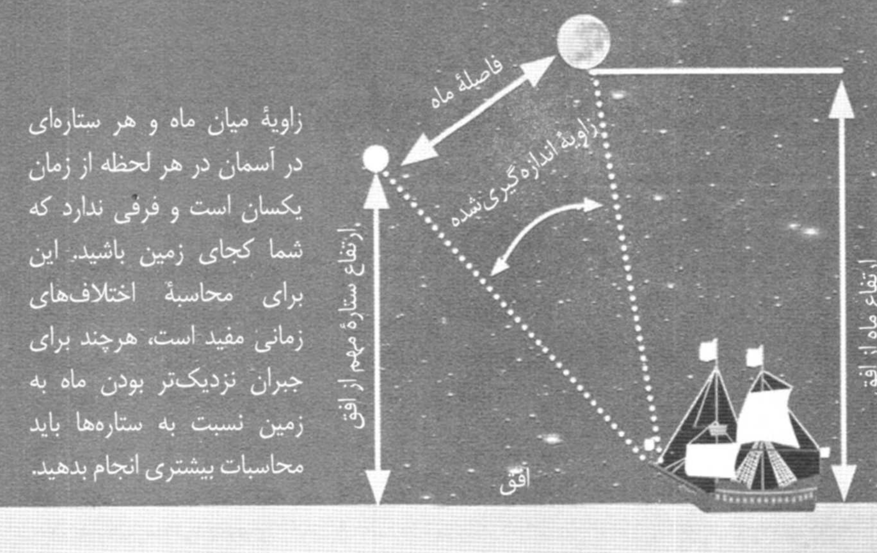


تا میانهٔ قرن هفدهم میلادی، راهی برای سنجش دقیق زمان روی دریا وجود نداشت، بنابراین محاسبهٔ این‌که چقدر به سمت غرب یا شرق رفته‌اند دشوار بود. چندین کاوش‌گر و ریاضی‌دان راه‌هایی را برای سنجش زمان با استفاده از رصد ماه و سیاره‌ها پیشنهاد دادند. این روش‌ها هم محدودیت‌های خود را داشتند؛ نمی‌شد در روز یا شب‌های ابری از این روش‌ها استفاده کرد و نیز پیش‌بینی مدار ماه نیازمند محاسبات زمان‌بر بود. در سال ۱۵۳۰ میلادی، نقشه‌بردار هلندی به نام گِما فریسیوس پیشنهاد کرد که برای یافتن طول جغرافیایی از ساعت استفاده کنند. ساعت را در زمان آغاز حرکت تنظیم می‌کردند و سپس با زمان محلی، که از روی اسطرلاب می‌خواندند، مقایسه می‌کردند. هرچند که این اصل درست بود، ساعت‌های پاندولی آن زمان طی سفرهای طولانی در دریاهای متلاطم همیشه عقب می‌ماندند.

◀ هریسون مسئلهٔ ساعت را حل کرد

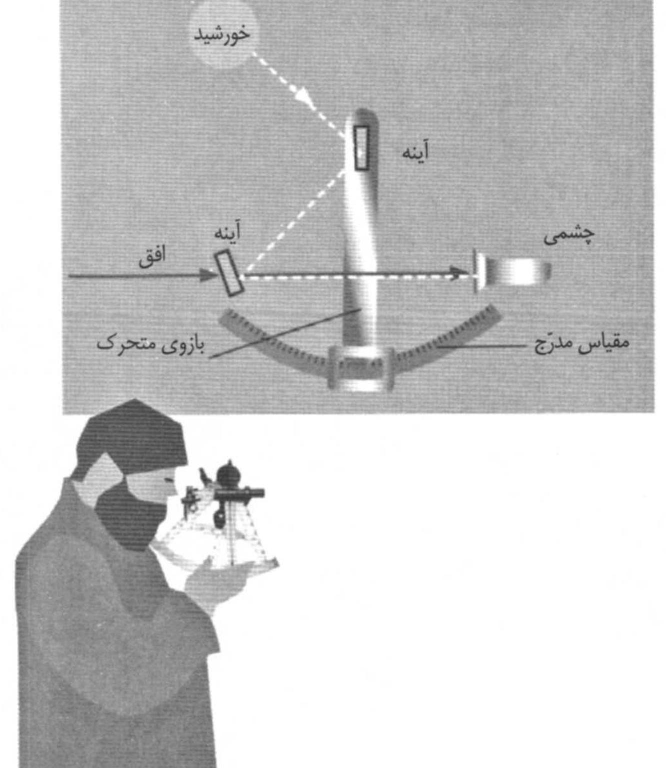
فکر کنم این از پَسِش بربیاد، حالا پولم رو بِدید!

در سال ۱۷۱۴ میلادی، دولت انگلستان جایزه‌ای ۲۰ هزار پوندی برای نخستین کسی تعیین کرد که روشی قابل اعتماد برای تعیین طول جغرافیایی در دریا ارایه کند. جان هریسون، نجّار و ساعت‌ساز، برندهٔ این مسابقه شد. در سال ۱۷۳۵، او ساعتی ساخت که نامش را H۱ گذاشت. در این ساعت برای زمان‌سنجی به جای پاندول از یک جفت میلهٔ متحرک استفاده شده بود. هرچند این ساعت طی آزمایش زمان را به‌دقت می‌سنجید، هریسون راضی نشد و دو مدل دیگر، یعنی H۲ و H۳، را هم ساخت تا این‌که سرانجام به طرح ساعت جیبی رسید. او در این ساعت‌ها برای سنجش زمان از چرخ تعادل نوسان‌گر استفاده کرده بود. او به ساعت جواهراتی هم برای تزیین افزود و آن را در سال ۱۷۵۹ به نام H۴ نام‌گذاری کرد. در سفری ۸۱ روزه به جاماییکا در سال ۱۷۶۱، ساعت H۴ فقط ۵ ثانیه خطا داشت و این مقدار کاملاً برای برنده شدن جایزهٔ دولتی مناسب بود. البته باوجود این موفقیت، هریسون تا سال ۱۷۷۳ جایزه‌ای دریافت نکرد.

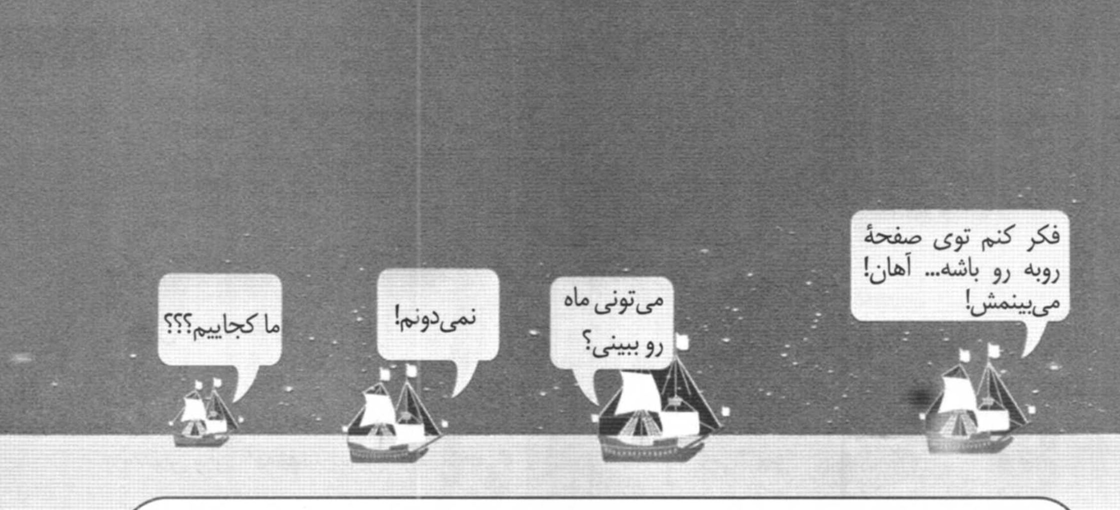


روش فاصلهٔ ماه ▲

بیش از ۱۰۰ سال طول کشید تا ساعت‌های دقیق در دسترس دریانوردان قرار بگیرد. در این میان، اغلب آن‌ها از کتاب جدید جداول استفاده می‌کردند که فاصله‌های ماه را از ۹ ستارهٔ مهم در آسمان به همراه زمان‌های وقوع این فاصله‌ها در گرینویچ لندن در بر داشت. دریانورد زاویهٔ میان ماه و ستاره‌ای درخشان در نزدیکی آن را اندازه می‌گرفت و فاصلهٔ ماه را به دست می‌آورد. سپس با استفاده از جدول‌ها زمان لندن را پیدا می‌کرد. او، پس از به دست آوردن زمان محلی با استفاده از ارتفاع ستاره، می‌توانست آن را با زمان لندن مقایسه کند تا طول جغرافیایی محل را به دست آورد.

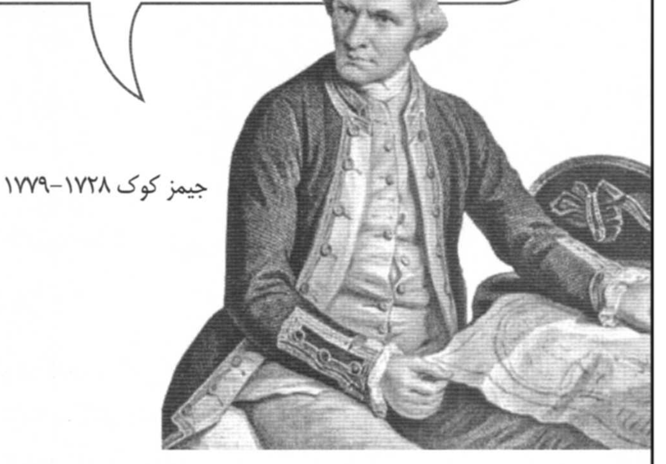


سکستانت را جان کمپبِل در سال ۱۷۵۷ میلادی ساخت. **سکستانت** مشابه رُبع بود اما در آن از دو آینه برای هم‌خط کردن افق با نور جسم آسمانی استفاده می‌شد. این دو با حرکت دادن بازویی متحرک بر قوسی مدرّج، که زاویه را اعلام می‌کرد، هم‌خط می‌شدند. از سکستانت می‌شد برای محاسبهٔ دقیق طول و عرض جغرافیایی استفاده کرد و این مزیت را داشت که لازم نبود فرد مستقیم به خورشید نگاه کند.



کاپیتان جیمز کوک دریانورد بزرگی بود. او نخستین کسی بود که در هر دو جهت دور دنیا دریانوردی کرد و استرالیا، نیوزلند، و بسیاری از جزایر اقیانوس آرام و اطراف قطب جنوب را طی این سفرها کشف کرد. او برای رسم مسیر نخستین سفر اکتشافی خود از روش تخمین موقعیت به همراه یک سکستانت و یک قطب‌نما استفاده کرد. در دومین و سومین سفرش نمونه‌ای از ساعت H۴ هریسون را به همراه داشت که در محاسبهٔ بسیار دقیق‌تر طول جغرافیایی بسیار کمکش کرد. بـه این ترتیب او توانست نقشه‌هایی دقیق از سفرها و اکتشافات خود تهیه کند.





جیمز کوک ۱۷۲۸-۱۷۷۹

زمین به دور محور خود طی ۲۴ ساعت، ۳۶۰ درجه را می‌چرخد که یعنی هر ۱۵ درجه که به سمت شرق حرکت کنید زمان محلی‌تان یک ساعت جلو می‌رود (یا اگر به غرب بروید یک ساعت عقب می‌رود). می‌توانید از این اختلاف ساعت برای پیدا کردن طول جغرافیایی محل استفاده کنید. مثلاً اگر می‌دانید که در لندن ساعت ۱۲ ظهر است اما ساعت‌تان ۷ صبح را نشان می‌دهد، باید ۵ ساعت غرب لندن باشید. اگر ۵ را در ۱۵ ضرب کنید به طول جغرافیایی ۷۵ درجه می‌رسید؛ پس شما جایی روی نصف‌النهاری هستید که از نیویورک می‌گذرد.

نقشه‌برداری از دنیا

تهیهٔ نقشه‌ها به ریاضیات بستگی دارد. دشوارترین بخش کار تبدیل دنیای گرد به نقشه‌ای تخت است. به همین سبب، همهٔ نقشه‌ها مشکلاتی دارند اما راه‌های بسیاری وجود دارند تا نمای دلخواه‌تان را به دست آورید.

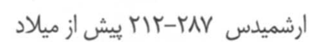
بیرون از نقشه ◄

ریاضی‌دان رومی، بطلمیوس، فهرستی از طول و عرض جغرافیایی مکان‌ها را تدوین و آن را به نقشه تبدیل کرد. هرچند نقشهٔ او نادرست بود؛ چون تصور کرد دنیا بسیار کوچک‌تر است و همین همهٔ محاسبات مختصاتی او را غلط از آب درآورد. بسیاری از دریانوردان می‌دانستند این نقشه‌ها غلط‌اند، اما حتی وقتی آن‌ها را درست کردند مایل به سفر به سوی غرب نبودند زیرا می‌دانستند که آذوقه‌شان پیش از رسیدن به خشکی بعدی تمام خواهد شد.

کلادیوس بطلمیوس (بطلمیوس اهل اسکندریه، ۹۰ تا ۱۶۸ میلادی)

کریستوف کلُمب، با این که می‌دانست نقشه‌های بطلمیوس نادرست‌اند، در سال ۱۴۹۲ میلادی به سوی غرب رفت تا راهی سریع‌تر برای رسیدن به سواحل شرقی هند بیابد. هرچند، اگر می‌دانست که فاصلهٔ جزایر قناری تا ژاپن ۱۹۶۰۰ کیلومتر است و نه ۳۷۰۰ کیلومتری که او محاسبه کرده بود، شاید هرگز بندر را ترک نمی‌کرد. و البته نمی‌دانست که آمریکا میان او و سواحل شرق هند قرار گرفته است.

کریستوف کلمب



ارشمیدس ۲۸۷-۲۱۲ پیش از میلاد

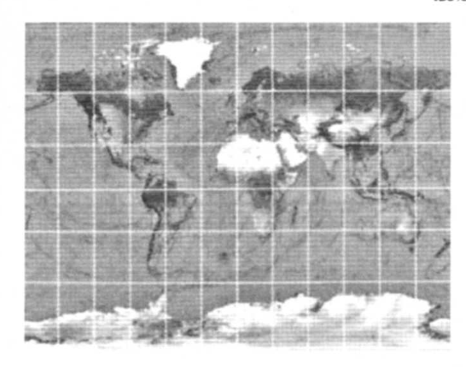


از گِرد به تخت ◄

چطور می‌توان از زمین گرد نقشه‌ای تخت کشید؟ بیش از ۲۰۰۰ سال پیش، ریاضی‌دان یونانی به نام ارشمیدس کشف کرد که مساحت سطحی هر کُره برابر است با مساحت استوانه‌ای هم قدّ کره که آن را در بر گرفته است. ریاضی‌دانان بعدیْ راه‌های بسیاری برای «انداختن» نقاطِ روی کره بر روی استوانه‌ای بلندتر و به دور آن پیشنهاد کردند. حالا کافی است استوانه را باز کنید تا نقشه‌ای مستطیل‌شکل داشته باشید.

جِراردوس مِرکاتور ◄

نقشه‌بردار و نقشه‌کش اهل کشور فلاندر (که حالا وجود ندارد) بود که با استفاده از روش استوانه در سال ۱۵۶۹ میلادی نقشه‌ای از جهان تهیه کرد. در این روش تبدیل کره به نقشهٔ تخت چند مشکل وجود دارد، ازجمله این‌که قاره‌ها در جهت‌های شرق-غرب و شمال-جنوب دچار کشیدگی می‌شوند. هرچه بیشتر به سمت شمال یا جنوب می‌روید، فاصلهٔ میان خطوط عرض جغرافیایی افزایش می‌یابد و سنجش فاصله‌ها در نزدیکی قطب‌ها دشوار می‌شود؛ درواقع در این روش نمی‌توان قطب‌ها را در نقشه آورد. همچنین در این نقشه‌ها برداشت درستی از مساحت خشکی‌ها ایجاد نمی‌شود: مثلاً گرین‌لند و قطب جنوب هر دو بسیار بزرگ‌تر از واقعیت‌شان نمایش داده شده‌اند و کمی هم دچار کشیدگی و از شکل‌افتادگی شده‌اند.



روی نقشهٔ مِرکاتور، همه‌ی خطوط طول و عرض جغرافیایی به‌صورت خطوط مستقیم رسم شده‌اند.

لندن

نیویورک

نقشهٔ مرکاتور ◀

در مسیریابی دریایی بسیار مفید بود زیرا دریانوردان می‌توانستند مسیرشان را به خط مستقیم رسم کنند. دریانوردان تا قبل از آن‌که بتوانند طول جغرافیایی را به‌دقت بسنجند، بر اساس جهت‌های قطب‌نما دریانوردی می‌کردند. با وجودی که خط مستقیم بر نقشه‌ای تخت به نظر کوتاه‌ترین راه می‌آید، کوتاه‌ترین فاصله میان دو نقطهٔ دور از هم روی کُره بر خطوطی منطبق است که دایره‌های عظیمه نام دارند.

دایرهٔ عظیمه

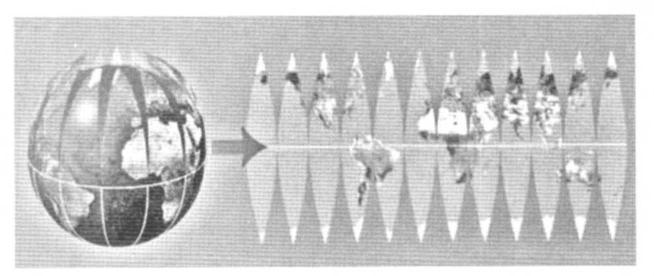
مسیر دایرهٔ عظیمه

کوتاه‌ترین فاصله روی نقشه

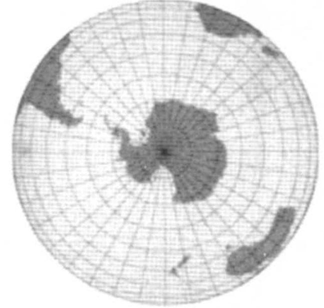
◀ **دایره‌های عظیمه زمین** را به دو نیم‌کرهٔ مساوی تقسیم می‌کنند. کوتاه‌ترین مسیر میان هر دو مکان همیشه روی دایرهٔ عظیمه‌ای است که آن‌ها را به هم متصل می‌کند. روی نقشهٔ مِرکاتور، کوتاه‌ترین فاصله میان لندن و نیویورک روی خطی مستقیم به نظر می‌رسد اما هواپیماها معمولاً روی دایرهٔ عظیمه‌ای حرکت می‌کنند که به سوی شمال‌غربی بر فراز ایرلند می‌رود، از جنوب گرین‌لند می‌گذرد، و سپس از میان کانادا پایین می‌رود.

روش‌های گوناگون نقشه‌کشی ▼

چون نقشهٔ مرکاتور شکل و اندازهٔ بسیاری از کشورها را تغییر می‌داد، نقشه‌کشان به روش‌های گوناگونی سعی کردند کرهٔ زمین را به نقشهٔ تخت تبدیل کنند تا بهتر بتوانند نیازهای افراد استفاده‌کننده از نقشه را برآورده کنند.



در نقشه‌های گسیخته، جهان به بخش‌هایی به نام لُب تقسیم شده است. این نقشه‌ها شکل و مساحت خشکی‌ها را حفظ می‌کنند اما خواندن‌شان دشوار است، چراکه جهان به تعداد بسیاری تکّه تقسیم شده است.



نقشه‌های سَمتی دایره‌شکل‌اند و از یک نقطه روی سطح، معمولاً یکی از قطب‌ها، تهیه می‌شوند. از این نقشه‌ها همچنین از زمان ابرخُس برای تهیهٔ نقشه‌هایی از ستاره‌ها استفاده شده است.

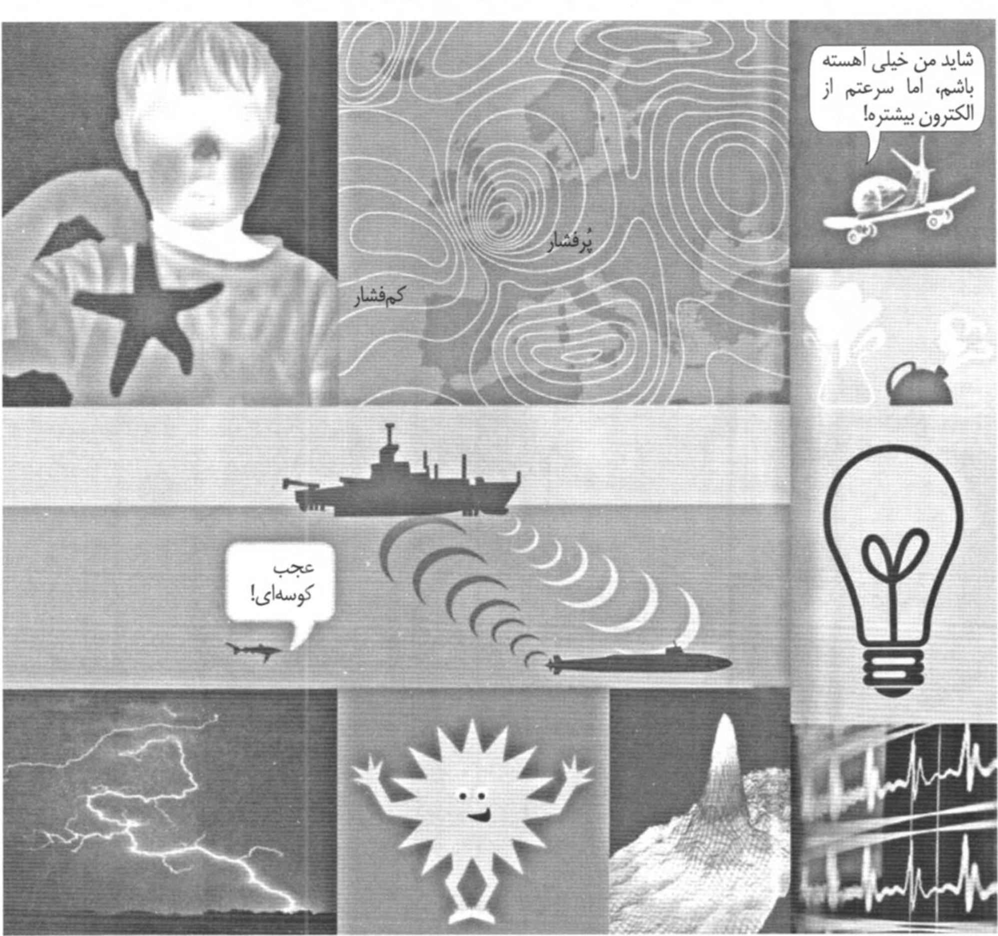
سنجش نوین

سنجش اندازه و شکل چیزی که می‌توانید آن را لمس و به آن نگاه کنید آسان است، اما چطور می‌توان چیزهایی را اندازه‌گیری کرد که حتی دیده نمی‌شوند، مانند حرارت یا صوت؟ و چگونه می‌توانید چیزهایی را بسنجید که خیلی بزرگ یا خیلی کوچک‌اند، آن‌قدر که تصورش دشوار است؛ مانند اتم یا کهکشان؟

کشف‌های درخشان گالیله و نیوتن، که در فصل گذشته با آن‌ها آشنا شدیم، سرآغاز عصر علم بود. آن‌ها نخستین دانشمندان واقعی بودند که صرفاً به نظریه‌پردازی و خیال‌بافی نمی‌پرداختند بلکه تفکرات خود را با آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌های دقیق محک می‌زدند.

دانشمندان بیشتری پس از آن‌ها آمدند. آن‌ها میکروسکوپ‌ها و تلسکوپ‌های قدرتمندی ساختند تا بیشتر به دل ناشناخته‌ها نفوذ کنند. آن‌ها ابزارهایی برای آشکارسازی و اندازه‌گیری حرارت، نور، فشار، و صوت ابداع کردند. و آن‌ها برق، اتم‌ها، و شکل‌های جدید و شگفت انرژی را کشف کردند که همیشه در اطراف ما اما همیشه نادیدنی بوده‌اند. این انقلابی بود که جهان را برای همیشه تغییر داد. هیچ‌کدام از این‌ها بدون ریاضیات امکان‌پذیر نبود.

این علم است، و علم یعنی سنجش و اندازه‌گیری.



داغ و سرد

یخ سرد است و آتش داغ. این را فقط می‌توانیم با ایستادن در کنارشان بگوییم. اما چطور می‌توانیم بسنجیم که هر چیز چقدر داغ یا سرد است؟ جواب این است که باید دمایش را اندازه‌گیری کنیم.



حرارت چیست؟

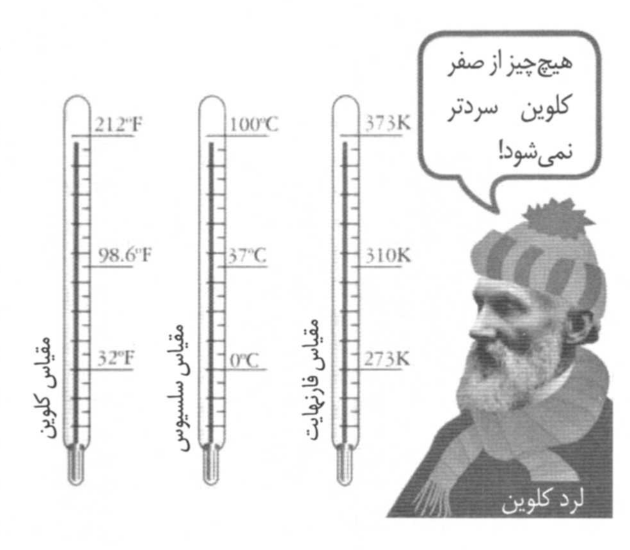
حرارت شکلی از انرژی و حاصل حرکت اتم‌ها و ملکول‌هاست. هرچه سریع‌تر حرکت کنند داغ‌تر می‌شوند. دمای هر جسم به ما می‌گوید که اتم‌ها یا ملکول‌هایش چقدر سریع حرکت می‌کنند. سرد یعنی کمبود انرژی؛ یعنی اتم‌ها و ملکول‌ها با سرعت زیادی حرکت نمی‌کنند. هرچه سرعت‌شان کمتر شود سردتر و سردتر می‌شوند. سرانجام کلاً می‌ایستند. این دما را صفر مطلق می‌نامیم.

تصاویر حرارتی ▼

هر چیزی دمایی دارد اما برای انسان دشوار است که فقط با نگاه کردن بگوید جسمی سرد است یا گرم. دوربین‌های حرارتی می‌توانند تابش نامرئی فروسرخ را ثبت کنند که همان پرتوهای انرژی گرمایی‌اند که از اجسام داغ گسیل می‌شوند و آن را به تصویری تبدیل می‌کنند که می‌توانیم ببینیم. از آنجایی که میزان پرتوهای فروسرخ آمده از هر جسم با افزایش دما افزایش می‌یابد، دیدن اجسام گرم در برابر پس‌زمینهٔ سرد آسان است.



در این تصویر، داغ‌ترین نواحیْ سفید و سردترین‌ها بنفش هستند. پزشکان از این نوع تصویر برای جست‌وجوی تومورها استفاده می‌کنند. تومورها اغلب از دیگر بخش‌های بدن داغ‌ترند. آتش‌نشانان نیز برای جست‌وجوی افراد مانده در ساختمان‌های دودگرفته از دوربین‌های فروسرخ استفاده می‌کنند.



در مقیاس سلسیوسْ دمای انجماد و جوش آب دو نقطهٔ مرجع‌اند که میان‌شان به ۱۰۰ قسمت، یا درجه، تقسیم شده است. کلوین (K) هم مشابه آن است اما از صفر مطلق، یا ۲۷۳- درجهٔ سانتی‌گراد (C)، آغاز می‌شود. فارنهایت (F) نامعمول‌تر است. نقطهٔ انجماد در ۳۲ درجهٔ فارنهایت تنظیم شده است زیرا برای صفر درجهٔ فارنهایت از مخلوطی از یخ و نمک استفاده شده بود. نقطهٔ جوش (۲۱۲ درجهٔ فارنهایت) بعدها اضافه شد که ۱۸۰ درجه بالاتر از نقطهٔ انجماد است. دمای بدن انسان در مقیاس سلسیوس ۳۷ درجه و در فارنهایت ۹۸/۶ درجه است.

برای لمس کردنْ بیش از حدّ داغ است ▼

ستاره‌ها داغ‌ترین اجسام در عالم‌اند، اما بیش از حدّ دورند که بتوان دمای‌شان را با دماسنج اندازه‌گیری کرد. در عوض، اخترشناسان به نور تولیدشده از آن‌ها نگاه می‌کنند. وقتی اجسام داغ می‌شوند، اتم‌های آن‌ها نورهایی در رنگ‌های مختلف گسیل می‌کنند. اخترشناسان با بررسی رنگ ستاره درمی‌یابند که دمای آن چقدر است.

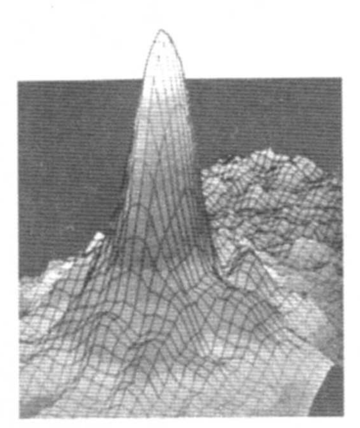
۳۰۰۰ کلوین	۴۰۰۰ کلوین	۵۵۰۰ کلوین	۷۰۰۰ کلوین	۱۰,۰۰۰ کلوین	۱۸,۰۰۰ کلوین	۴۰,۰۰۰ کلوین

دماسنج

برای اندازه‌گیری دمای اجسام از ابزاری به نام دماسنج استفاده می‌کنیم. دماسنج‌های ساده لوله‌هایی شیشه‌ای‌اند که شامل مایعی مانند الکل یا جیوه‌اند که وقتی گرم می‌شوند منبسط و وقتی سرد می‌شوند منقبض می‌شوند. این مایع حین گرم یا سرد شدنْ در لوله بالا و پایین می‌رود. بنابراین می‌توانیم دما را بر اساس مقیاسی که کنار شیشه حک شده است بخوانیم.

مقیاس‌های دمایی

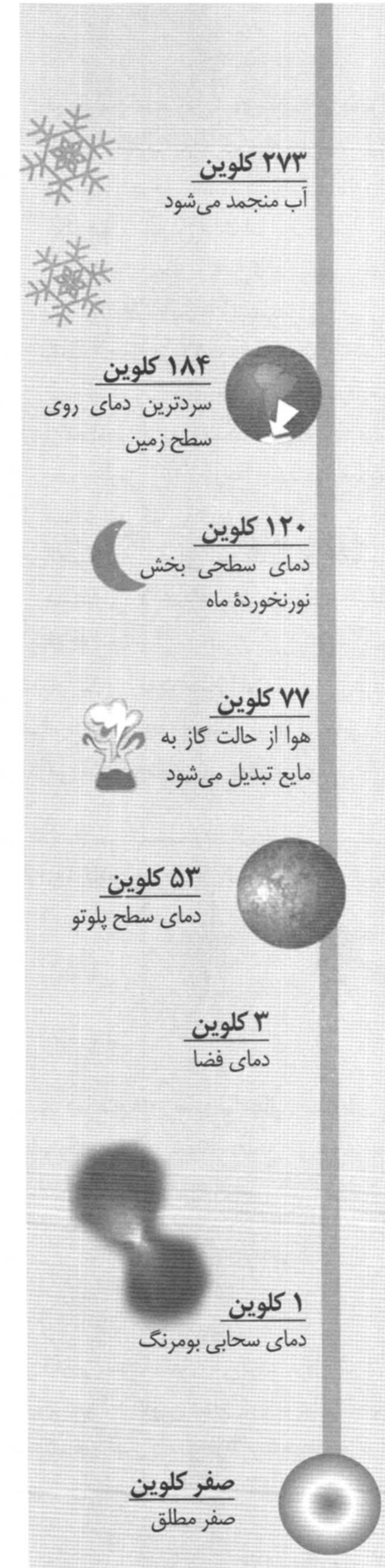
تا سال ۱۷۴۲ میلادی، هر مخترعی که دماسنج می‌ساخت از مقیاس ابداعی خود استفاده می‌کرد. امروزه فقط از سه مقیاس استفاده می‌کنیم که آن‌ها را دانیل فارنهایت، آندره سِلسیوس، و لُرد کِلوین ابداع کردند. برای تبدیل فارنهایت به سلسیوس (سانتی‌گراد) از عدد دمای فارنهایت ۳۲ را کم کنید، حاصل را ضربدر ۵ و بعد تقسیم بر ۹ کنید. (برای تبدیل سلسیوس به فارنهایتْ عدد دما را ضربدر ۹ کنید، سپس تقسیم بر ۵ و بعد ۳۲ را به آن اضافه کنید.)



این نمودار نشان می‌دهد که چطور ابری از روبیدیوم (قرمز) سردتر و به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شود تا این‌که در قلّه و در بخش سفید با نزدیک شدن به دمای صفر مطلق تبدیل به قطره‌ای واحد می‌شود.

تا کجا می‌توان پیش رفت؟ ▲

رسیدن به صفر مطلق ممکن نیست، حتی در فضا، اما دانشمندان در آزمایشگاه بسیار به این دما نزدیک شده‌اند. وقتی ماده‌ای این‌قدر سرد شود اتفاقات بامزه‌ای برایش می‌افتد؛ ابری از میلیون‌ها اتم، که همه مانند یک اَبَراتم رفتار می‌کنند، حالتی غیرعادی از ماده را شکل می‌دهد که چگالِش بوز–اینشتین نام دارد. مایعات در این حالت چنان غیرطبیعی می‌شوند که می‌توانند از دیواره‌های ظرف‌شان بالا بروند!



سنجش انرژی

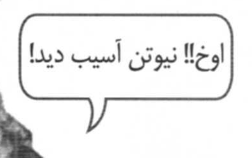
انرژی علت بروز همهٔ رویدادهای اطراف ماست. وقتی انرژی را مصرف می‌کنیم ناپدید نمی‌شود، بلکه فقط از شکلی به شکل دیگر تغییر می‌کند. همیشه این تغییرات را نمی‌بینیم. حرارت، نور، صدا و حرکت همگی نشانگر مصرف شدن انرژی‌اند.

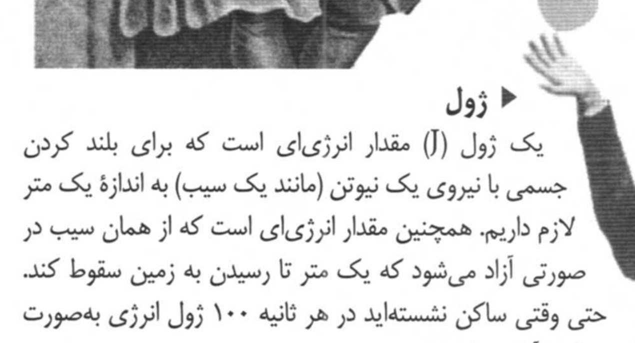


◀ انرژی و نیرو

نیرو، سرعت تولید یا مصرف انرژی است. یک موتورسیکلت و یک کامیون غول‌پیکر ممکن است مقدار انرژی یکسانی در باک سوخت‌شان ذخیره داشته باشند. اما کامیون می‌تواند این انرژی را سریع‌تر از موتور مصرف کند و بنابراین نیرومندتر است. نیرو را با واحد وات و اسب بخار می‌سنجند.

انرژی چیزی است که موجب تغییر حالت اجسام می‌شود، مانند زمانی که یخ به آب تبدیل می‌شود.





◀ نیوتن

واحد نیوتن، که به یاد ایزاک نیوتن نام‌گذاری شده است، معمولاً واحد نیروست اما برای شرح واحد ژول، به عنوان واحد انرژی، به آن نیاز داریم. نیرو درواقع هُل دادن یا کشیدن است. مثلاً کشش گرانش بر سیبی کوچک که رها می‌شود حدود یک نیوتن (N ۱) است.

◀ ژول

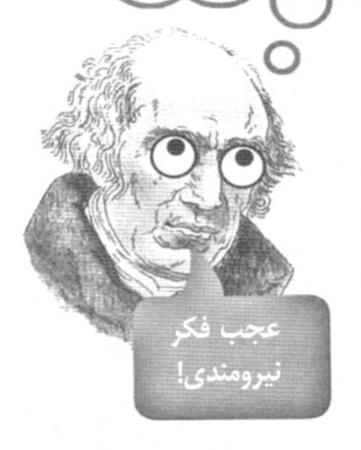
یک ژول (J) مقدار انرژی‌ای است که برای بلند کردن جسمی با نیروی یک نیوتن (مانند یک سیب) به اندازهٔ یک متر لازم داریم. همچنین مقدار انرژی‌ای است که از همان سیب در صورتی آزاد می‌شود که یک متر تا رسیدن به زمین سقوط کند. حتی وقتی ساکن نشسته‌اید در هر ثانیه ۱۰۰ ژول انرژی به‌صورت حرارت آزاد می‌کنید.

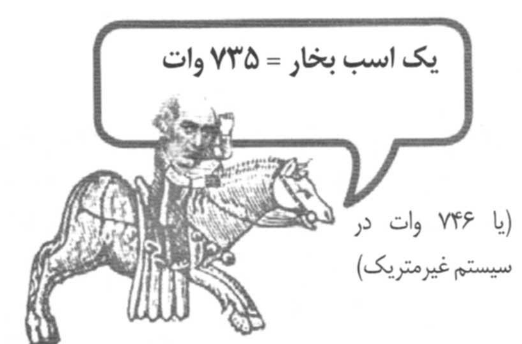


جیمز پریسکات ژول

وات ◄

وات، که به یاد مخترع اسکاتلندی جیمز وات نام‌گذاری شده، واحدی برای نیروست نه انرژی. یک وات (W) برابر است با یک ژول انرژی در ثانیه. مثلاً هر لامپِ ۱۰۰ وات، در هر ثانیه ۱۰۰ ژول انرژی مصرف می‌کند؛ درست مانند یک انسان.





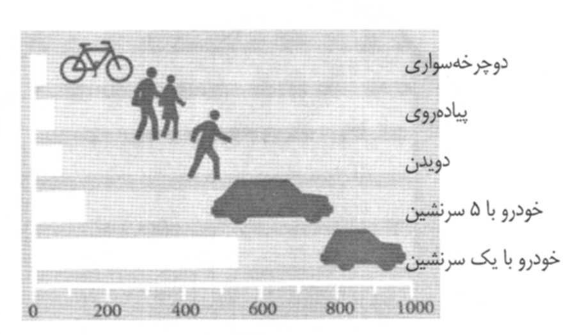
(یا ۷۴۶ وات در سیستم غیرمتریک)

اسب بخار ▲

اسب بخار واحدی قدیمی است که خود جیمز وات هم پیش از ابداع واحد وات از آن برای سنجش نیروی موتورهای بخار استفاده می‌کرد. وات آن را بر مبنای قدرت کشش اسب قرار داده بود اما محاسباتش اشتباه بود. اسب معمولاً قدرت کششی کمتر از یک اسب بخار دارد.

◄ مصرف انرژی

همهٔ ما انرژی مصرف می‌کنیم. اما این کار را چقدر مؤثر انجام می‌دهیم؟ شاید رفتن به مدرسه با خودرو شخصی آسان‌تر باشد اما نسبت به پیاده رفتن یا دوچرخه‌سواری انرژی بیشتری مصرف کنیم. در این نمودار می‌بینید که برای طی کردن یک کیلومتر راه تا مدرسه در هر حالت چند کیلوکالری انرژی مصرف می‌کنید



انرژی لازم برای انتقال یک فرد به اندازهٔ یک کیلومتر به واحد کیلوکالری

انرژی بدن انسان ◄

هر روز خود را با خوردن غذا نیرو می‌دهیم. غذا سرشار از انرژی است. و این انرژی را با واحد کیلوکالری (kcal) می‌سنجیم. سیب ۵۵ کیلوکالری انرژی دارد که برابر است با ۲۳۰ هزار ژول. این مقدار انرژیْ لامپِ ۱۰۰ وات را به مدت نیم ساعت روشن نگاه می‌دارد. هر کودک ۱۰ساله‌ٔ فعال و سالم در هر روز حدود ۲۰۰۰ کیلوکالری یا ۸/۳ میلیون ژول انرژی مصرف می‌کند.

مقدار عظیمی انرژی خورشیدی هر روز به زمین می‌رسد. فناوری ماهواره‌ای به ما می‌گوید که درواقع فقط نیمی از این انرژی به سطح زمین می‌رسد. بقیهٔ این انرژیْ مستقیم به سوی فضا بازمی‌گردد. اما همچنان مقدار بسیار زیادی انرژی رایگان دریافت می‌کنیم. انرژی‌ای که در هر ساعت به زمین می‌رسد تقریباً برابر است با کلّ مقدار انرژی‌ای که انسان در طول یک سال مصرف می‌کند.



چقدر نیرو؟

۳۰۰ وات
مخلوط‌کُن

۸۰ وات
فردی در حال کتاب خواندن

۳۰ وات
پخش‌کنندهٔ سی‌دی

۱ وات
مرغ مگس‌خوار در حال پرواز

۴/۵ میلیون وات
موتور قطار

۴۶۸ هزار وات
خودرو مسابقه

۳۰۰۰ وات
دستگاه چمن‌زَنی

۷۴۵ وات
فردی در حال دویدن

۷۰ کویین‌تیلیون وات
زلزلهٔ سال ۲۰۰۴ در اندونزی

۱۱ میلیارد وات
بلند شدن شاتل

۳۸۰ وات
فردی در حال راه رفتن

برق

این انرژیِ نامرئی‌ای است که با ضربه‌ای به یک کلید پدیدار می‌شود و البته بسیار هم کُشنده است. باید بدانیم چطور برق را اندازه‌گیری و هدایت کنیم که بهترین بهره را از آن ببریم. استفادهٔ نادرست از برق ممکن است پیامدهای شوک‌آوری داشته باشد!

برق از کجا می‌آید؟

برق یا الکتریسیته از الکترون‌ها می‌آید؛ یعنی ذرات کوچکی که درون اتم‌ها در حرکت‌اند و بسته‌های کوچک بار الکتریکی را حمل‌ونقل می‌کنند. معمولاً الکترون‌ها درون اتم‌های خود با نیرویی عظیم محبوس‌اند. اما گاهی از اتمی به اتم دیگر می‌پرند و بار الکتریکی‌شان را هم با خود می‌برند. وقتی الکترون‌ها در مکانی به دور هم جمع می‌شوند، چیزی را تولید می‌کنند که به آن «الکتریسیتهٔ ساکن» می‌گوییم (که با واحد کولُن سنجیده می‌شود). وقتی به حرکت بیفتند تولیدِ الکتریسیتهٔ جاری می‌کنند (که با واحد آمپر سنجیده می‌شود) که به آن برق می‌گوییم.

رمیدن الکترون‌ها!

وقتی الکتریسیتهٔ ساکن تولید می‌شود نیروی پتانسیل فراوانی برای انجام دادن کار دارد؛ کاری مانند دادن شوک الکتریکی به شما! این پتانسیل را «ولتاژ» می‌نامیم (که واحد سنجش آن ولت است). اگر چیزی با مقداری زیاد پتانسیل الکتریکی (مثلاً ابر باران‌زا) را به چیزی بدون آن (مثلاً زمین) وصل کنیم مثل باز کردن سدّ می‌ماند. بار الکتریکی از اتمی به اتم دیگر طی سیلابی ناگهانی از جریان الکتریکی به حرکت درمی‌آید. جرقه‌ای از رعدوبرق مانند شکستن سدّی از الکترون‌هاست که از ابر به سوی زمین تخلیه می‌شود.



گُرُمپ!

جرقهٔ رعدوبرق بزرگ‌ترین و چشمگیرترین آزادسازیِ بار الکتریکی است که ممکن است ببینید. هر جرقهٔ رعدوبرق حدود ۱۰۰ هزار آمپر جریان را حمل می‌کند (مثل این‌که ۱۰ هزار توستر برقی با هم گرم شوند). ضخامت کوچک‌ترین جرقه‌های رعدوبرق به کوچکی سُرب درون مدادند و بزرگ‌ترینِ آن‌ها به کلفتی بازوی یک مَرد می‌رسند. رعدوبرق هوا را تا ۲۸ هزار درجهٔ سانتی‌گراد گرم می‌کند و چنان با خشم هوا را منبسط می‌کنند که موجب انفجار شده و همین باعث صدایی می‌شود که پس از جرقه می‌شنویم.

الکترون‌ها

اندازه‌گیری جریان

الکترون‌ها چنان کوچک‌اند که درواقع اندازه‌شان صفر است. این یعنی تعداد بسیار زیادی الکترون درون سیم جا می‌گیرند. درواقع، برای تولید بار بسیار ناچیز یک کولُنی به ۶/۲ کوویین‌تیلیون الکترون نیاز داریم.

یعنی این‌قدر: **۶,۲۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ الکترون**

جریان یک آمپری (که آن هم مقدار ناچیزی است) زمانی پدید می‌آید که همهٔ آن ۶/۲ کوویین‌تیلیون الکترون طی یک ثانیه از نقطه‌ای در سیم عبور کنند.

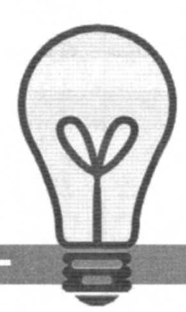
اندازه‌گیری ولتاژ

الکترون‌ها تنبل‌اند و برای به حرکت افتادن نیاز به «هُل» دارند. برای هل دادن آن‌ها به انرژی نیاز داریم و این انرژی را چیزی مانند باتری تأمین می‌کند. هرچه ولتاژ باتری بیشتر باشد الکترون‌ها را هم بیشتر هُل می‌دهد، آن‌ها هم جریان بیشتری تولید و انرژی بیشتری را منتقل می‌کنند. سنجش این‌که تعدادی الکترون چه مقدار انرژی را در هر ثانیه در مداری حمل می‌کنند آسان است: فقط کافی است ولتاژ را در جریان ضرب کنید و حاصل با واحد وات (W) بیان می‌شود. ساده‌تر چنین می‌شود: وات = ولت × آمپر

ممکنه من کُند باشم اما سریع‌تر از الکترون‌ها به مقصد می‌رسم.

◀ سرعت الکتریسیته چقدر است؟

اگر با زدن کلید برقْ لامپْ طی نیم ثانیه روشن می‌شود اما فاصلهٔ نزدیک‌ترین نیروگاه برق تا خانهٔ شما ۱۰۰ کیلومتر است، پس الکترون‌ها باید با سرعت سرسام‌آور ۷۲۰ هزار کیلومتر بر ساعت درون سیم‌ها جابه‌جا شوند تا به خانهٔ شما برسند، درست است؟ خیر غلط است. نیرو را در لحظه دریافت می‌کنید نه به این سبب که الکترون‌ها خیلی سریع حرکت می‌کنند، بلکه به این سبب که آن‌ها به هم تنه می‌زنند و بار الکتریکی را در تمام طول این مسیر منتقل می‌کنند. خود الکترون‌ها با سرعتی ۱۰ بار کُندتر از حلزون در طول سیم حرکت می‌کنند.

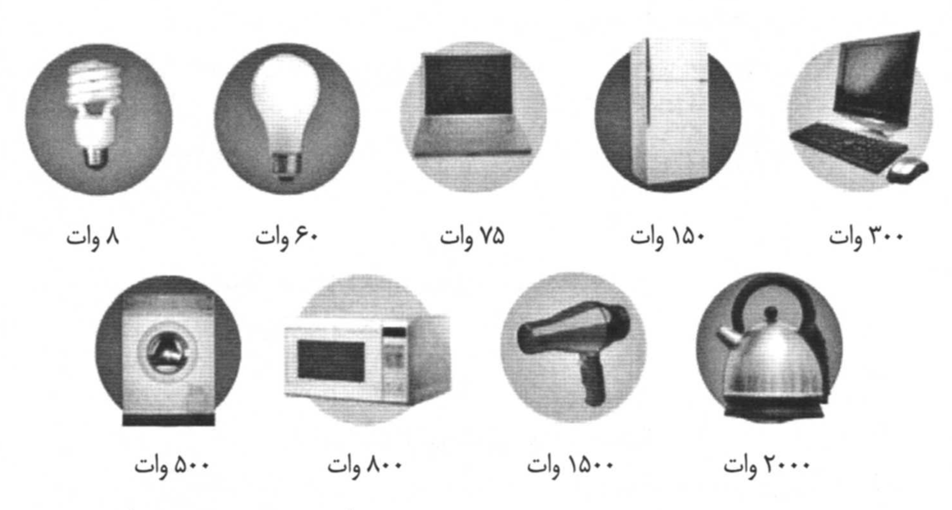


مدار، حلقه‌ای بسته است که الکتریسیته درون آن جریان می‌یابد.

بازی شوک‌آور ▼

کشیش فرانسوی ژان-آنتونی نوله (۱۷۰۰-۱۷۷۰م) زمانی در تاریخ برای خود نامی دست‌وپا کرد که الکتریسیتهٔ ساکن را برای پادشاه فرانسه به جریان الکتریسیته تبدیل کرد. او نخست مقدار بسیار عظیمی بار الکتریکی را در نوعی باتریِ شیشه‌ای-فلزی به نام تُنگ لِیدِن ذخیره کرد. سپس ۱۸۰ سرباز را دست‌دردست هم به صف کرد طوری‌که آخرین نفر در صف، تُنگ را لمس کند. و گُرُمپ! با جرقهٔ ناگهانیِ نوعی رعدوبرق افقیْ همهٔ سربازان شوک الکتریکی یکسانی دریافت کردند و هم‌زمان کمی به هوا جهیدند که بسیار باعث سرگرمی و تفریح پادشاه شد. نوله بعدها این آزمایش را با ۷۰۰ راهب در صفی به طول یک کیلومتر تکرار کرد.

برای راه افتادن این وسایل برقی خانگی چقدر نیرو لازم است؟ ▼



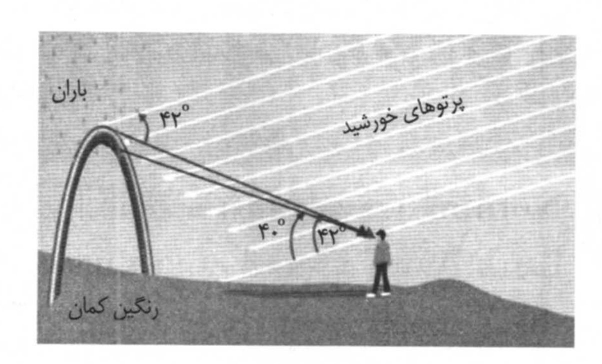
مقدار انرژی‌ایِ که وسیله‌ای برقی در هر ثانیه مصرف می‌کند نیروی آن است که با واحد وات آن را می‌سنجیم. برای یافتن کلّ انرژی مصرفی هر دستگاه نیروی آن را در مدت زمان استفاده از آن ضرب کنید. مثلاً کامپیوتری با نیروی ۳۰۰ وات که ۱۰ ساعت کار کند ۳۰۰۰ وات‌ساعت یا ۳ کیلووات‌ساعت (kWh) انرژی مصرف می‌کند. صورت‌حساب ادارهٔ برق نشان می‌دهد که شما چند کیلووات‌ساعت برق مصرف کرده‌اید.



مانیتورهای انرژی در صرفه‌جویی در هزینه‌ها کمک می‌کنند زیرا نشان می‌دهند چقدر انرژی مصرف می‌کنید.

شگفتی‌های نور

نور شکلی از انرژی است که به‌صورت موجی حرکت می‌کند. نور علت دیده شدن اشیاء است. اما نور چیزی بیش از آن است که چشم می‌بیند؛ شکل‌هایی از نور داریم که چشم ما نمی‌بیند. همهٔ این انواع نور را تابش الکترومغناطیس می‌نامیم. به‌کمک طول‌موج، بَسامد، انرژی، و رنگ نور می‌توانیم انواع چیزها را بسنجیم.



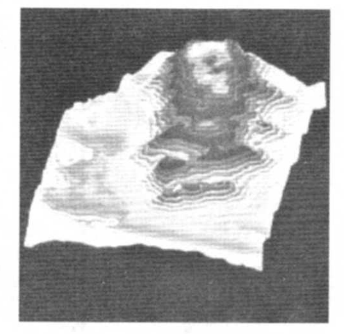
رنگین‌کمان ▲

هر رنگین‌کمان ثابت می‌کند که نور از رنگ‌های گوناگون تشکیل شده است. برای دیدن رنگین‌کمان باید پشت به خورشید بایستید و به میان بارانِ در حال بارش یا مِـه نگاه کنید. وقتی نور خورشید وارد قطره‌ای آب می‌شود دو بار خمیده می‌شود و به رنگ‌های تشکیل‌دهندهٔ خود تقسیم می‌شود. نور قرمز با زاویهٔ ۴۲ درجه نسبت به امتداد پرتوهای خورشید به سوی چشم بازتاب می‌شود و نور بنفش با زاویهٔ ۴۰ درجه. هنگام تماشای رنگین‌کمانْ چشم ما با سایه‌مان روی زمین نیز همین زاویه‌ها را می‌سازد. اگر نور سه‌بار خمیده شود رنگین‌کمان دومی هم میان زاویه‌های ۵۰ و ۵۳ درجه شکل می‌گیرد.



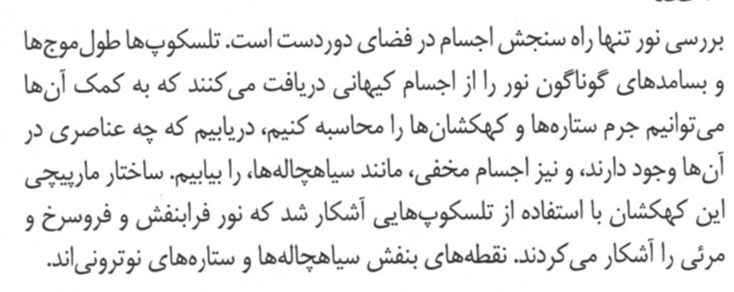
▶ رادار

از برخی طول‌موج‌های نور برای سنجش سرعت و فاصله استفاده می‌شود. رادار دستگاهی است که علائم رادیویی یا ریزموج را تا هدفی خاصْ ارسال می‌کند و زمان رفت‌وبرگشت امواج را می‌سنجد. به این ترتیب می‌توان گفت فاصلهٔ آن هدف یا سرعتش چقدر است. رادار همچنین تغییرات در بسامد امواج را مقایسه می‌کند. هرچه اختلاف میان بسامدها بیشتر باشد، فاصله تا آن جسم بیشتر است. در هواپیما از این روش برای بررسی ارتفاع استفاده می‌شود.



از رادار می‌توان برای نقشه‌برداری از سطح زمین استفاده کرد به این ترتیب که ماهواره‌ای در مدار، امواج رادیویی را پایین می‌فرستد تا ارتفاع کوه‌ها را بسنجد.

◀ فضا



بررسی نور تنها راه سنجش اجسام در فضای دوردست است. تلسکوپ‌ها طول‌موج‌ها و بسامدهای گوناگون نور را از اجسام کیهانی دریافت می‌کنند که به کمک آن‌ها می‌توانیم جرم ستاره‌ها و کهکشان‌ها را محاسبه کنیم، دریابیم که چه عناصری در آن‌ها وجود دارند، و نیز اجسام مخفی، مانند سیاهچاله‌ها، را بیابیم. ساختار مارپیچی این کهکشان با استفاده از تلسکوپ‌هایی آشکار شد که نور فرابنفش و فروسرخ و مرئی را آشکار می‌کردند. نقطه‌های بنفش سیاهچاله‌ها و ستاره‌های نوترونی‌اند.

یه چیزی باعث می‌شه زیر یقه‌ام کمی احساس گرما کنم...

◀ زیرِ قرمز

ویلیام هرشل، اخترشناس انگلیسی–آلمانی، نخستین کسی بود که شکلی نامرئی از نور را کشف کرد. او با استفاده از منشور، نور خورشید را به رنگین‌کمان تبدیل کرد تا بتواند دمای هر رنگ را بسنجد. او دماسنج را پس از انتهای قرمز این طیف رنگ نگاه داشته بود که ناگهان متوجه و تعجب‌زده شد که دماسنج دمای بالاتری را نشان می‌داد. تنها توضیح منطقی این بود که شکلی نامرئی از نور فراتر از طیف مرئی وجود دارد. این را تابش فروسرخ نام‌گذاری کردند که آن را به‌صورت حرارت حس می‌کنیم. برخی حیوانات، مانند نوعی افعی، در نور فروسرخ می‌بینند تا بتوانند شکار را در تاریکی صید کنند.

اون نور فرابنفشْ آزمایش من رو خراب کرد، اما عوضش پوستم خوب برنزه شد.

فراتر از بنفش ◀

نور فرابنفش را فیزیک‌دان آلمانی، یوهان ریتِر، زمانی کشف کرد که متوجه شد کلرید نقره در معرض نور سیاه می‌شود. پرتوهای نامرئیِ بعد از انتهای بنفش طیف به‌ویژه در تیره کردن نمک‌ها هم خوب عمل می‌کردند. بسیاری از حشرات دید فرابنفش دارند که به کمک آن شهد گل‌ها را تشخیص می‌دهند. همین نور فرابنفش است که اگر زیاد در آفتاب بمانید باعث برنزه شدن یا به‌اصطلاح «سوختن» پوست‌تان می‌شود.

طول موج

فروسرخ

امواج ریزموج

امواج رادیویی

نور با سرعتی ثابت حرکت می‌کند اما همهٔ امواج نور انرژی یکسانی ندارند. امواج کم‌انرژی طول‌موج بلندی دارند و امواج پُرانرژی طول‌موج کوتاهی دارند. تعداد امواجی که در هر ثانیه از نقطهٔ خاصی عبور می‌کنند بسامد (یا فرکانس) نام دارد. چشم انسان فقط بازهٔ کوچکی از طول‌موج‌ها را می‌بیند که آن را نور مرئی می‌نامیم.

ایزاک نیوتن کشف کرد که نور سفید را می‌توان به کمک منشور شیشه‌ای به رنگ‌های گوناگون تبدیل کرد.

طیف خورشید

پتاسیم

روبیدیم

سِزیم

طیف‌سنجی ▲

طیف‌سنجی روشی برای سنجش چیزها با استفاده از نورشان است. وقتی اتم‌ها گرم می‌شوند الکترون‌های آن‌ها به سطوح بالاتر انرژی می‌پرند. آن‌ها سرانجام به مکان ابتدایی خود بازمی‌گردند، اما وقتی چنین می‌کنند نور هم گسیل می‌کنند. هر عنصر الگوی رنگی خاص خود را ایجاد می‌کند که در میانش نوارهای تیره‌ای دیده می‌شوند؛ نوارهای تیرهٔ طول‌موج‌های گم‌شده که مانند اثر انگشت عمل می‌کنند. دستگاه طیف‌سنج نور اجسام را می‌گیرد و هر طول‌موج را در زاویه‌ای متفاوت می‌شکند به‌طوری‌که طیف رنگ‌ها شکل بگیرد. دانشمندان با نگاه کردن به رنگ‌های طیف و خطوط تیرهٔ میان آن‌ها می‌فهمند که در هر جسم چه عنصرهایی وجود دارند، از هر عنصر چقدر وجود دارد، و جسم چقدر گرم است.

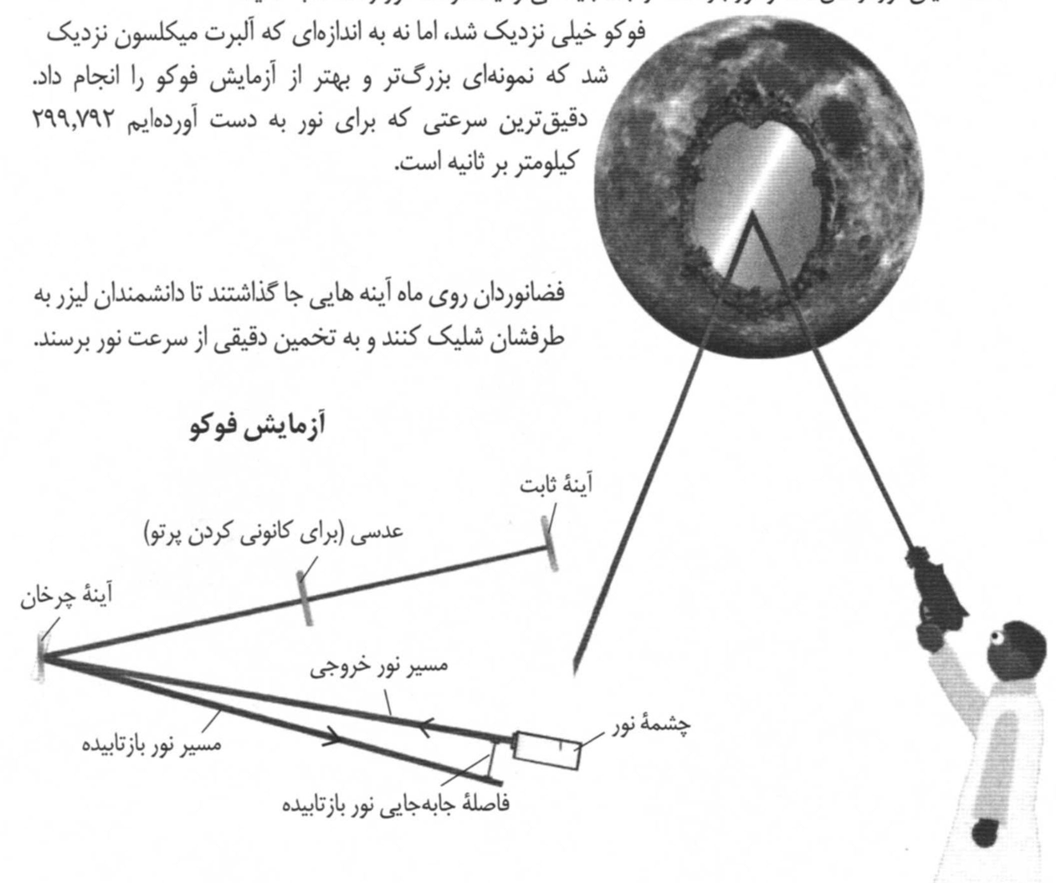
سرعت نور

هیچ‌چیز سریع‌تر از نور حرکت نمی‌کند، چه در فضا و چه روی زمین. نور، با سرعتی کمتر از یک میلیارد کیلومتر بر ساعت، در هر ثانیه حدود هفت بار دور زمین می‌گردد؛ نور خیلی پُرانرژی و چابک است. با این سرعتْ نور سریع‌تر از چشم‌برهم‌زدن شما از تهران به سئول در کرهٔ جنوبی می‌رسد. مسئلهٔ عجیب این است که فرقی نمی‌کند شما با چه سرعتی بروید و سعی کنید با نور هم‌سرعت شوید، هرگز موفق نخواهید شد به آن برسید یا حتی نزدیکش شوید. نور همیشه یک میلیارد کیلومتر بر ساعت سریع‌تر از شماست. فقط نور مرئی نیست که با چنین سرعت باورنکردنی‌ای حرکت می‌کند؛ بلکه همهٔ تابش‌های الکترومغناطیس، از پرتوهای گاما تا امواج رادیویی، نیز دقیقاً همین کار را انجام می‌دهند.

از کجا می‌دانیم چنین سرعتی دارد؟ ▼

دانشمندان متعددی، ازجمله گالیله، سعی کردند سرعت نور را اندازه بگیرند. نخستین کسی که کمی به عدد درست نزدیک شد لئون فوکو بود که آزمایشی را با آینه‌ای چرخان ترتیب داد. او پرتو نوری را درون آینه تاباند که آن را به آینهٔ ثابتی بازمی‌تاباند و نور دوباره از آن بازمی‌گشت. نور بازتابیده با کمی فاصله از جای تابش اولیهٔ خود به او بازمی‌گشت زیرا آینهٔ چرخان با زاویه‌ای متفاوت نور را بازتاب می‌کرد. اگر بدانید آینه با چه سرعتی می‌چرخد و فاصلهٔ میان نور ارسال‌شده و نور بازگشته را بسنجید می‌توانید سرعت نور را محاسبه کنید.

فوکو خیلی نزدیک شد، اما نه به اندازه‌ای که آلبرت میکلسون نزدیک شد که نمونه‌ای بزرگ‌تر و بهتر از آزمایش فوکو را انجام داد. دقیق‌ترین سرعتی که برای نور به دست آورده‌ایم ۲۹۹,۷۹۲ کیلومتر بر ثانیه است.

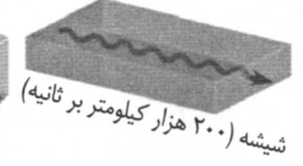


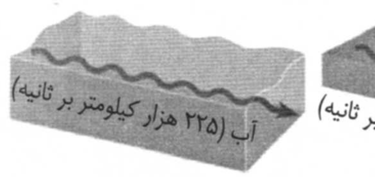
فضانوردان روی ماه آینه هایی جا گذاشتند تا دانشمندان لیزر به طرفشان شلیک کنند و به تخمین دقیقی از سرعت نور برسند.



فضا (۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه)







کم کردن سرعت نور ▲

روی زمین، نور اگر مجبور شود از میان اجسام مختلف عبور کند از سرعتش کاسته می‌شود. مثلاً سرعتش در گذر از میان الماس به کمتر از نصف کاهش می‌یابد اما حتی می‌تواند از میان سُرب هم (به شکل پرتوهای پُرانرژی گاما) با سرعت ۱۲۰ هزار کیلومتر بر ثانیه عبور کند.

◀ عالم در حال انبساط

ما در عالمی در حال انبساط زندگی می‌کنیم. این را از آنجا می‌دانیم که اخترشناسان کهکشان‌های بسیاری را یافته‌اند که با سرعت بسیاری از ما دور می‌شوند. با منبسط شدن فضا طول‌موج نور رسیده از این کهکشان‌ها نیز منبسط می‌شود و موجب بروز اثری به نام انتقال به سرخ در طیف نورشان می‌شود. کاری که این اثر انجام می‌دهد این است که خطوط تاریک درون طیف نور کهکشان را بیشتر به سوی انتهای قرمز طیف منتقل می‌کند. با سنجش این‌که این خطوط تیره چقدر به سمت قرمز رفته‌اند می‌توانیم سنّ و فاصلهٔ کهکشان‌ها را به دست آوریم. کهکشان‌هایی که بیشترین انتقال به سرخ را دارند در لبه‌های عالم قرار دارند. از سوی دیگر، اجسام دارای اثر انتقال به آبی – یعنی اجسامی که خطوط تیره در طیف‌شان به سوی انتهای آبی طیف منتقل شده‌اند – در حال نزدیک شدن به ما هستند.



سال نوری ▼

این حقیقت که نور با چنین سرعتی حرکت می‌کند به این معناست که می‌توانیم از آن برای سنجش فاصله تا دورترین ستاره‌ها و کهکشان‌ها استفاده کنیم. اگر نور در هر ثانیه حدود ۳۰۰ هزار کیلومتر را طی می‌کند، حساب کنید که در یک سال چقدر می‌رود. پاسخ حدود ۹/۵ تریلیون کیلومتر است. این واحد را سال نوری می‌نامیم. نزدیک‌ترین ستاره به منظومهٔ شمسی ما آلفا–قنطورس است که ۴/۳ سال نوری با ما فاصله دارد؛ یعنی ۴۱ تریلیون کیلومتر که البته در مقیاس نجومی واقعاً نزدیک است. فقط تصور کنید که فاصله از اینجا تا مرکز کهکشان‌مان حدود ۳۰ هزار سال نوری است و دورترین جسمی که می‌توانیم در عالم ببینیم در لبه‌های عالم و در فاصلهٔ حدود ۱۳/۵ میلیارد سال نوری از ما قرار دارد!



زیر فشار

همهٔ ما زیر فشار هستیم! همین‌طور که این کتاب را می‌خوانید هوای اطراف شما با نیرویی برابر با وزنی ۱۷ تُنی روی بدن‌تان فشار وارد می‌کند. اگر بدنِ شما پوسته‌ای توخالی بود در لحظه خُرد می‌شدید. اما نگران نباشید؛ ما معمولاً فشار هوا را حس نمی‌کنیم زیرا از درون بدن‌مان فشاری به همان اندازه و در خلاف جهت، رو به بیرون، وارد می‌شود.

فشار جوّ چیست؟

هوا صرفاً فضای خالی نیست؛ بلکه پُر است از تریلیون‌ها ملکول نامرئی گاز که تمام مدت در حال حرکت‌اند و مدام به یکدیگر و به اجسام دیگر برخورد می‌کنند. تریلیون‌ها عدد از آن‌ها در هر ثانیه با شما هم برخورد می‌کنند و هرکدام تنه‌ای ناچیز به شما می‌زنند. همهٔ همین تنه‌ها جمع می‌شوند و فشار را ایجاد می‌کنند. ملکول‌های هوا در جوّ زمین را گرانش زمین به سوی پایین می‌کشاند، بنابراین هوای نزدیک به سطح زمین چگال‌تر و فشار در آنجا بالاتر است. فشار هوا را با واحدی به نام بار اندازه می‌گیریم. فشار در پایین جوّ (یعنی سطح دریا) یک بار است.

۱ بار



در قلب این فشارسنج قوطیِ آب‌بندی‌شده‌ای وجود دارد...

... با افزایش و کاهش فشار هوا این قوطی منقبض و منبسط، و موجب چرخش عقربه می‌شود.

پیش‌بینی وضع هوا

یکی از بهترین راه‌ها برای پیش‌بینی وضع هوا سنجش فشار هواست. برای این کار از ابزاری به نام فشارسنج استفاده می‌کنیم. در برخی از فشارسنج‌ها حتی پیش‌بینی هم روی صفحهٔ فشارسنج حک شده است. وقتی کارشناس پیش‌بینی هوا در تلویزیون دربارهٔ «پُرفشار» و «کم‌فشار» حرف می‌زند منظورش میزان فشار جوّ در نواحی مختلف زمین است. نواحی پُرفشار معمولاً آرام و آفتابی‌اند، درحالی‌که نواحی کم‌فشار معمولاً آب‌وهوای بدی دارند.

فشار زیر و روی سطح دریا به واحد فشار جوّ (بار)

فشار	ارتفاع
۰/۰۰۰۰۱ بار	شهاب‌ها (۸۵ هزار متر)
۰/۰۰۱ بار	بالُن هواشناسی (۵۰ هزار متر)
۰/۳ بار	لایهٔ اُزُن (۱۶ هزار متر)
۰/۵ بار	هواپیماها (۸،۰۰۰ متر)
۱ بار	قلهٔ کوه‌ها / سطح دریا
۲ بار	غوّاصان (۱۰- متر)
۳۰ بار	کوسه‌ها (۳۰۰- متر)
۳۰۰ بار	هشت‌پاها (۳،۰۰۰- متر)
۵۰۰ بار	ماهی‌های مهاجم (۵،۰۰۰- متر)
۱۰۰۰ بار	کف اقیانوس آرام (۱۱،۰۰۰- متر)

پرواز در ارتفاع بالا ▼

۰/۳ بار

بعد از بلند شدن هواپیما از زمین حس می‌کنید که گوش‌های‌تان گرفته است. این اتفاق به آن سبب می‌افتد که فشار هوای داخل کابین هواپیما پس از بلند شدن کاهش می‌یابد اما هوای درون گوش شما در حالت فشار جوّی روی زمین باقی می‌ماند و بنابراین به پردهٔ گوش‌تان فشار وارد می‌کند. البته فشار هوای درون هواپیما به اندازهٔ فشار هوای بیرون از هواپیما کاهش نمی‌یابد. اگر چنین می‌شد هوا برای تنفس شدن زیادی رقیق می‌شد و همه خفه می‌شدند. بنابراین فشار هوای درون کابین طوری تنظیم می‌شود که تنفس‌پذیر باشد اما هنوز کمی کمتر از فشار هوا روی زمین است.

۰/۵ بار

بر فراز کوه ◀

وقتی در میان جوّ زمین بالا می‌روید فشار هوا کاهش می‌یابد زیرا ملکول‌های هوا در آن ارتفاع با فشردگی کمتری کنار هم قرار گرفته‌اند. بر فراز یک کوه، هوا آن‌قدر رقیق است که تنفس مشکل می‌شود. در هر بار تنفس باید میزان خیلی بیشتری هوا را فرو بدهید تا بدن‌تان میزان اکسیژن لازم را به دست آورد.

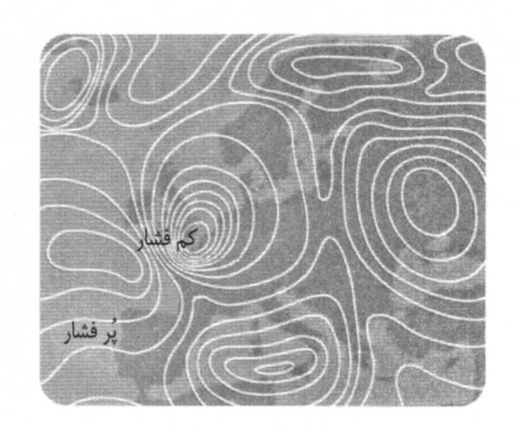
بیماری صندوق ▼

غواصان باید خیلی دقت کنند که خیلی سریع از آب بیرون نیایند زیرا ممکن است دچار شرایط پزشکی مرگ‌باری شوند: بیماری صندوق یا کیسون. این به‌سبب هوای پُرفشاری است که زیر آب تنفس کرده‌اند. تحت فشار زیاد، ملکول‌های نیتروژن در هوا شروع به حل شدن در خون غواص می‌کنند. اگر او زیادی سریع بالا بیاید، کاهش ناگهانی فشار باعث ایجاد حباب‌های مرگ‌بار نیتروژن در بدنش می‌شود، درست همان‌طور که با باز کردن بطری‌های نوشیدنی گازدار حباب‌هایی ایجاد می‌شود.

۲ بار

◀ غواصی در ژرفای آب

بدن انسان به‌خوبی با فشار جوّی روی زمین تنظیم شده است، اما اگر به غواصی بروید چه اتفاقی می‌افتد؟ ملکول‌های آب بسیار سنگین‌تر از ملکول‌های هوا هستند و بسیار فشرده‌تر از آن‌ها کنار هم قرار گرفته‌اند، به این ترتیب فشار بیشتری ایجاد می‌کنند. برای دو برابر شدن فشار روی سرتان فقط کافی است تا عمق ۱۰ متری پایین بروید. برای این‌که فشار آب نتواند ریه‌های شما را زیر فشار خود لِه کند باید هوای پُرفشاری را از مخزن اکسیژن همراه‌تان تنفس کنید تا فشار درون بدن‌تان با فشار آب برابر شود.



◀ نقشهٔ وضعیت آب‌وهوا

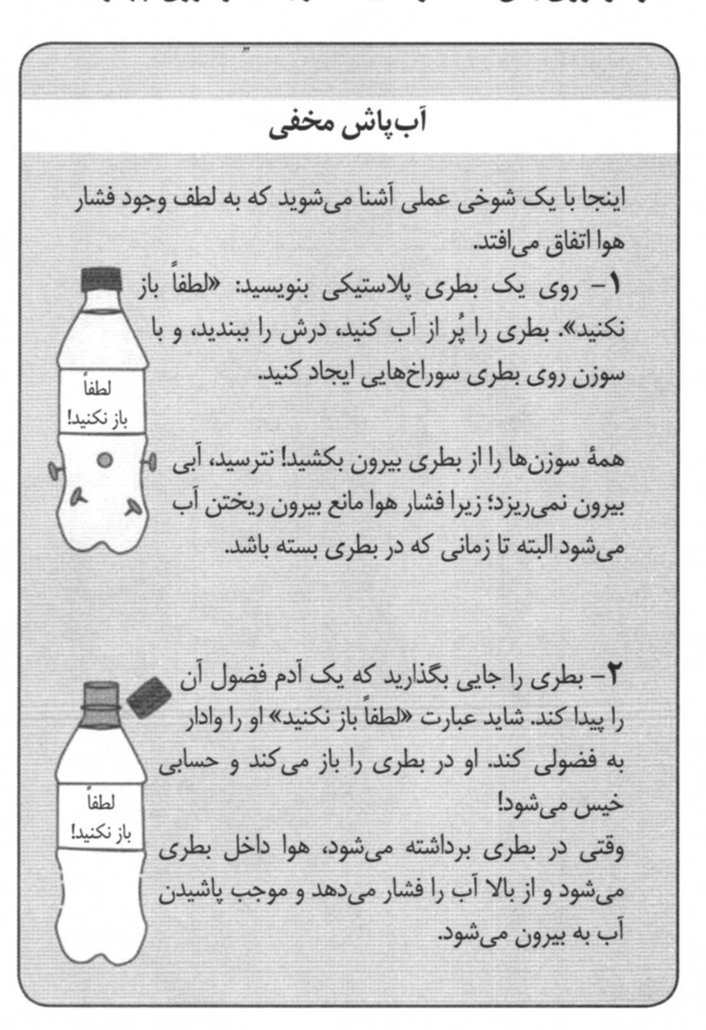
ملکول‌های هوا از نواحی پُرفشار حرکت می‌کنند تا نواحی کم‌فشار را پُر کنند. این هوایی که با سرعت جابه‌جا می‌شود همان چیزی است که آن را باد می‌نامیم. و باد معمولاً رطوبت را با خود منتقل می‌کند و ابر و باران خلق می‌کند.

فشار هوا روی بدن شما در حال حاضر به اندازهٔ وزن چهار فیل است!

آب‌پاش مخفی

اینجا با یک شوخی عملی آشنا می‌شوید که به لطف وجود فشار هوا اتفاق می‌افتد.

۱- روی یک بطری پلاستیکی بنویسید: «لطفاً باز نکنید». بطری را پُر از آب کنید، درش را ببندید، و با سوزن روی بطری سوراخ‌هایی ایجاد کنید.



همهٔ سوزن‌ها را از بطری بیرون بکشید! نترسید، آبی بیرون نمی‌ریزد؛ زیرا فشار هوا مانع بیرون ریختن آب می‌شود البته تا زمانی که در بطری بسته باشد.

۲- بطری را جایی بگذارید که یک آدم فضول آن را پیدا کند. شاید عبارت «لطفاً باز نکنید» او را وادار به فضولی کند. او در بطری را باز می‌کند و حسابی خیس می‌شود!

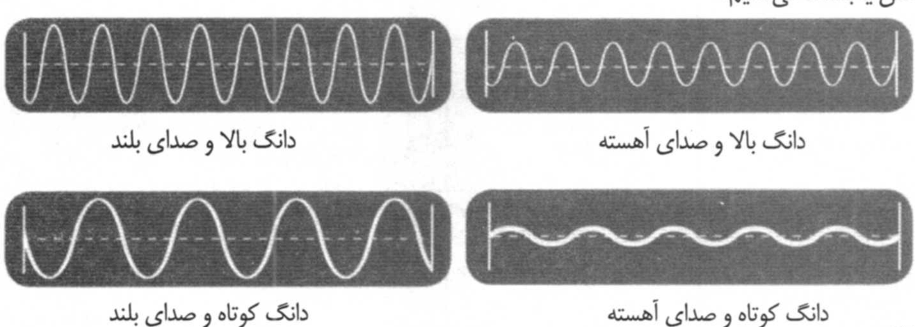
وقتی در بطری برداشته می‌شود، هوا داخل بطری می‌شود و از بالا آب را فشار می‌دهد و موجب پاشیدن آب به بیرون می‌شود.

صدای مرا می‌شنوی؟

دنیا پُر از صداست. صدا شکلی دیگر از فشار است که از برخورد ملکول‌ها به یکدیگر و انتقال انرژی‌شان ایجاد می‌شود. این نوسانات فشار به‌صورت موج، مانند امواج آب روی برکه، در هوا حرکت می‌کنند تا به گوش ما برسند.

بر قلّهٔ یک موج ▼

کلِ موج فشار، اطلاعات بسیاری دربارهٔ صدای ایجادکنندهٔ آن موج به ما می‌دهد؛ این‌که آیا بلند است یا آهسته؟ زیر است یا بَم؟ فاصلهٔ میان دو قلّهٔ موج را طول‌موج می‌نامیم. تعداد موج‌هایی را که در هر ثانیه از نقطه‌ای خاص می‌گذرند فرکانس یا بسامد می‌نامیم.



دانگ بالا و صدای آهسته — دانگ بالا و صدای بلند

دانگ کوتاه و صدای آهسته — دانگ کوتاه و صدای بلند

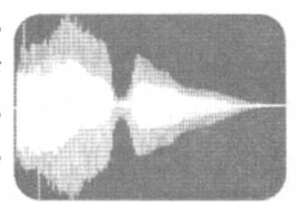
فرکانس ▲

فرکانس یا بسامد را با واحد هرتز (Hz) می‌سنجیم. فرکانسْ زیروبَمی یا دانگ صدا را به ما می‌گوید؛ امواجی که قلّه‌های آن‌ها بسیار به هم نزدیک‌اند نسبت به امواج بلند با قلّه‌های دور از هم دانگ بالاتری دارند. اندازه‌گیری ارتفاع صدا به ما می‌گوید که صدا چقدر «بلند» است. امواج بلندتر صدای بلندتری نسبت به امواج تخت دارند.

دنگ و دنگِ دسیبل‌ها

از واحد دِسیبِل (dB) برای اندازه‌گیری شدت و ضعف امواج فشار صوت استفاده می‌کنیم. یک دسیبل یک‌دهم واحدی به نام بِل است که به یاد الکساندر گراهام بِل نام‌گذاری شده است. واحد دسیبل از آهسته‌ترین صدایی که گوش ما می‌شنود، مانند نجوایی آهسته، شروع می‌شود. هر ۱۰ دسیبل بیشتر، نشان‌دهندهٔ ۱۰ برابر شدن قدرت فشار صوت است. بنابراین صدایی با شدت ۱۰ دسیبل ۱۰ بار شدیدتر از نجواست، و همین‌طور صدایی با شدت ۲۰ دسیبل ۱۰۰ برابر، و صدای ۳۰ دسیبلی ۱۰۰۰ برابر نجوا شدت دارد. مقیاسی که به این ترتیب با مضربی از ده افزایش می‌یابد مقیاس لگاریتمی نام دارد. لگاریتم‌ها برای آسان‌تر کردن کار با اعداد واقعاً بزرگ مفیدند. مثلاً صدایی که به شنوایی ما آسیب می‌زند (۱۲۰ دسیبل) یک تریلیون برابر (۱۰ که ۱۲ بار در خودش ضرب شده باشد) از نجوا شدیدتر است.

همهٔ امواج صوتی به نرمی این یکی نیستند. امواج نویز و سخن گفتن انسان، ترکیبی ناهموار و نایکدست از قله‌هایی است که از تعداد بسیاری فرکانس و دانگ متفاوت تشکیل شده است. الگوهای سخن گفتن انسان گاه آن‌قدر یگانه است که می‌توان از آن، مانند اثر انگشت، برای شناسایی هویت افراد استفاده کرد.



الگوی سخن گفتن انسان

صفر دسیبل آهسته‌ترین صدایی است که گوش انسان می‌شنود

صفر دسیبل صدای خش‌خش برگ‌ها
۴۰ دسیبل فردی که نزدیک شما حرف می‌زند
۷۰ دسیبل صدای خیابان اصلی
۱۰۰ دسیبل مته‌کاری در خیابان‌ها
۱۱۰ دسیبل ردیف جلو در کنسرت موسیقی راک
۱۲۰ دسیبل آسیب به شنوایی
۱۴۰ دسیبل موتور جت در فاصلهٔ ۳۰ متری
۱۵۵ دسیبل موتور
۱۸۰ دسیبل فوران کراکاتوآ در فاصلهٔ ۱۶۰ کیلومتری
۲۰۰ دسیبل بلند شدن شاتل فضایی از سکّو
۲۱۰ دسیبل انفجار یک تُن بمب تی‌ان‌تی
۲۱۸ دسیبل، ضربهٔ باله‌های میگوی پیستول به یکدیگر زیر آب
۳۰۰ دسیبل صدای برخورد شهاب‌سنگ تونگوسکا در روسیه در سال ۱۹۰۸
بالای ۳۰۰ دسیبل صدای برخورد سیارکی که موجب نابودی دایناسورها شد



بالا و پایین ▲

گوش انسان گسترهٔ وسیعی از فرکانس‌ها را آشکار می‌کند؛ از ۲۵ هرتز تا ۲۰،۰۰۰ هرتز، هرچند که فقط صداهایی با فرکانس ۱۰۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز را به‌خوبی می‌شنوند. اما دیگر حیوانات صداهایی با فرکانس‌های بسیار بالاتر یا پایین‌تر از ما را می‌شنوند. خفاش، نهنگ و دلفین فرکانس‌های بسیار بالا را آشکار می‌کنند و می‌شنوند و از همین صداها برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند. صداهایی را که فرکانسی بیش از حدّ بالا برای گوش انسان دارند فراصوت می‌نامیم. پزشکان از امواج فراصوت برای مشاهدهٔ درون بدن استفاده می‌کنند. به صداهایی با فرکانس‌های پایین‌تر از سطح شنوایی انسان فروصوت می‌گوییم. برخی فیل‌ها برای اعلام زمان حرکت به هم‌نوعان خود صدایی در زمین زیر پای‌شان ایجاد می‌کنند و دیگر فیل‌ها این صدای ضعیف یا نوسان را با پای خود دریافت می‌کنند.



سرعت صوت ▲

امواج صوت از ارتعاش ملکول‌های هوا در کنار یکدیگر منتقل می‌شود بنابراین صوت، علاوه بر هوا، در میان مایعات و جامدات هم منتقل می‌شود. درواقع، معمولاً از میان مایعات و جامدات سریع‌تر هم حرکت می‌کند زیرا اتم‌ها و ملکول‌های آن‌ها به یکدیگر بسیار نزدیک‌ترند. در میان جامدات، صوت در مواد سفت سریع‌تر از مواد نرم حرکت می‌کند. فضا ساکت‌ترین مکان در عالم است زیرا صوت نمی‌تواند در خلأ حرکت کند.

جهت‌یابی با صوت ◄

از آنجایی که صوت از میان مواد مختلف عبور می‌کند می‌توانیم از آن برای ردیابی و آشکارسازی و اندازه‌گیری چیزهایی استفاده کنیم که نمی‌توانیم آن‌ها را ببینیم. یکی از مهم‌ترین موارد استفاده از صوت در فناوری جهت‌یابی و ردیابی صوتی یا سونار است. از این فناوری و دستگاه سونار در قایق‌ها و کشتی‌ها استفاده می‌کنند تا دنیای زیر آب را کاوش کنند و مکان گروه‌های ماهی را آشکار کنند. سامانهٔ سونار به این ترتیب کار می‌کند که علایم صوتی را ارسال و سپس پژواک آن‌ها را دریافت می‌کند. اگر بازگشت علامتی ۶ ثانیه طول بکشد یعنی ۳ ثانیه تا رسیدن به هدف و ۳ ثانیه هم بازگشت آن طول کشیده است. از آنجایی که صوت با سرعت ۵۴۰۰ کیلومتر بر ساعت در آب حرکت می‌کند به این نتیجه می‌رسیم که فاصله‌مان تا هدف ۴/۵ کیلومتر بوده است. نهنگ، دلفین، و خفاش هم از همین سیستم در بدن خود (زیست‌سونار) برای ردیابی غذا و مسیریابی استفاده می‌کنند.

آوای موسیقی

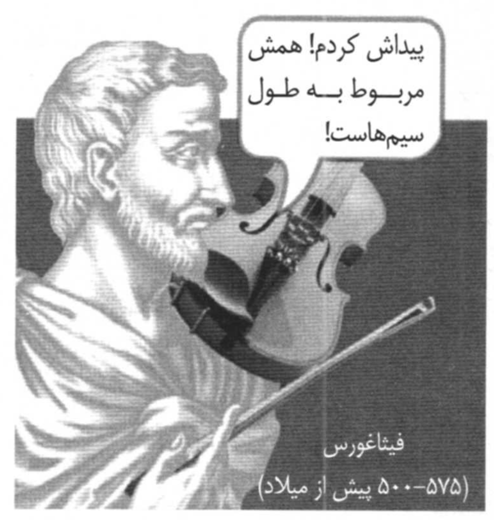
افرادی که در ریاضی استعداد دارند معمولاً در موسیقی هم استعداد خوبی دارند. اما موسیقی چه ربطی به ریاضی دارد؟ بنا به کشف یونانیان باستان در هزاران سال پیش، موسیقی پُر از الگوهای ریاضی پنهان است.



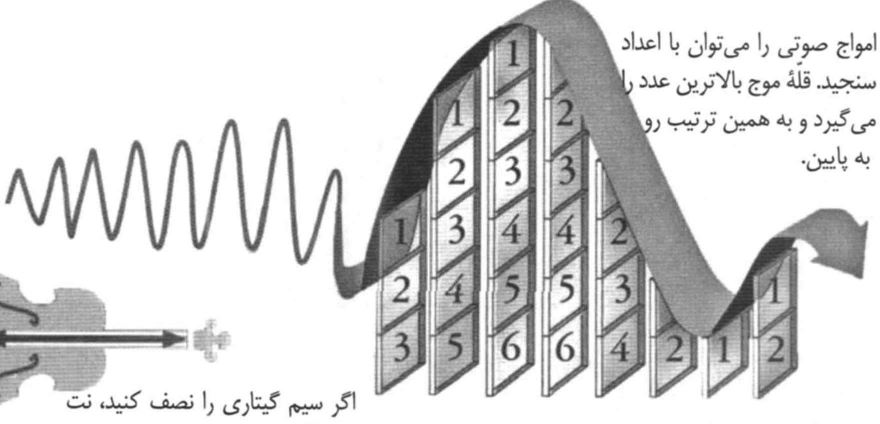
هر نت موسیقاییْ فرکانسی متمایز دارد که اینجا با واحد هرتز (امواج صوت در ثانیه) نشان داده شده است.

سنجش موسیقی ◄

فیثاغورس، ریاضی‌دان یونانی، یکی از نخستین افرادی بود که ریاضیات پنهان در موسیقی را یافت. داستان از این قرار است که روزی فیثاغورس از کنار دکّان آهنگری می‌گذشت که نت‌های بالاروندهٔ حاصل از کوبیده شدن پُتک بر سندان آهنگری کنجکاوی او را برانگیخت. تصمیم گرفت که موضوع را بررسی کند. او به این نتیجه رسید که اگر اندازهٔ سندان دو برابر بزرگ‌تر باشد نت‌های موسیقاییِ پایین‌تری با دقیقاً نصف دانگْ زیروبَمی تولید می‌کند. اُو ارتباطی ریاضی‌وار میان اندازهٔ سندان و صدایی که ایجاد می‌کند یافته بود.



فیثاغورس
(۵۰۰-۵۷۵ پیش از میلاد)



امواج صوتی را می‌توان با اعداد سنجید. قلهٔ موج بالاترین عدد را می‌گیرد و به همین ترتیب رو به پایین.

موسیقی دیجیتالی ▲

چطور ممکن است هزاران قطعهٔ موسیقی در یک دستگاه پخش‌کنندهٔ MP۳ جا بشود؟ همه به لطف اعداد است. وقتی موسیقی ضبط می‌شود، کامپیوتریْ هر موج صوتی را – حتی در ارکستری کامل – با سنجش دانگ (فرکانس) و بلندی صدا تا ۱۰۰ هزار بار در ثانیه ثبت می‌کند. این سنجش‌ها به‌صورت رشته‌هایی از ارقام (اعداد) ذخیره می‌شوند و به همین سبب هم به این موسیقیْ دیجیتالی گفته می‌شود. وقتی این قطعات را پخش می‌کنید کامپیوتر یا دستگاه پخش‌کنندهٔ MP۳ شما این ارقام را دوباره به امواج صوتی تبدیل می‌کند.

اگر سیم گیتاری را نصف کنید، نت حاصلْ یک اکتاو بالاتر است.

سیم‌ها ▲

فیثاغورس در این فکر بود که آیا می‌تواند الگوی ریاضی مشابهی را در سازهای زهی هم بیابد یا خیر. معلوم شد که نصف کردن طول سیم موجب ایجاد نتی با دانگ دقیقاً دو برابر می‌شود (یعنی یک اکتاو بالاتر) زیرا سیم کوتاه‌تر با سرعت دو برابر ارتعاش می‌کند. دو برابر کردن طول سیم، نتی با نیم دانگ ایجاد می‌کند (یعنی یک اکتاو پایین‌تر). فیثاغورس همچنین دریافت که اگر سیمی را به نسبت‌های دقیق یا با کمک وزنه‌های به‌دقت اندازه‌گیری‌شده دراز یا کوتاه کند می‌تواند همهٔ نت‌های یک گام موسیقی را ایجاد کند.

نگاه داشتن ضرب

وقتی نوازندگان همراه هم در گروه یا ارکستری می‌نوازند لازم است که ریتم یا ضرب یکسانی را حفظ کنند، مانند رقصندگانی که هم‌گام با هم می‌رقصند. روش‌های چندی وجود دارد که به آن‌ها در حفظ این ضرب کمک می‌کند.



◀ رهبر ارکستر

بخشی از کار رهبر ارکستر این است که ارکستری شامل ۵۰ تا ۱۰۰ نوازنده را هم‌گام و هم‌زمان نگاه دارد. او ضرب‌ها را با تکان دادن چوبش مشخص می‌کند که همین به نوازنده‌ها کمک می‌کند که وقتی نمی‌نوازند ضرب‌ها را بشمارند.



◀ نوازندهٔ طبل

در گروه‌های جدید، رهبر زمان و ضرب را نگاه نمی‌دارد. در عوض، نوازندهٔ طبل با ایجاد ضرب‌های شنیداری به نوازنده‌ها در حفظ زمان کمک می‌کند. نوازندهٔ طبل به‌نوعی همان رهبر است که کارش شنیده می‌شود.

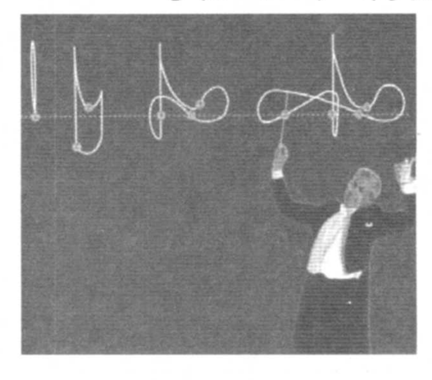


◀ مِترونوم

نوازندگانی که تنهایی می‌نوازند گاهی از ابزاری به نام مِترونوم استفاده می‌کنند تا به آن‌ها در حفظ ضرب ثابت کمک کند. در این ابزار، میله‌ای وزنه‌دار از سویی به سوی دیگر تاب می‌خورد و صدای تیک‌تیک منظمی ایجاد می‌کند. با بالا یا پایین بردن وزنه سرعت میله تغییر می‌کند.

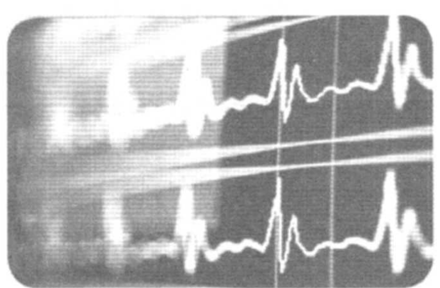
رهبری ارکستر ◀

رهبر ارکستر چوب‌دستش را الکی عقب و جلو نمی‌برد بلکه آن را مطابق با الگویی مشخص حرکت می‌دهد که نشان‌هندهٔ ریتم موسیقی است و به نوازندگان می‌گوید که بر کدام ضرب تأکید بیشتری داشته باشند. مکانی که در نمودار چهارگانهٔ بالا با عدد یک مشخص شده جایی است که نوازندگانْ ضرب را قوی‌تر می‌گیرند.



◀ ضرب را حس کنید

اگر دست‌تان را بر سمت چپ قفسهٔ سینه‌تان بگذارید می‌توانید ضربان قلب‌تان را حس کنید. قلب‌تان وقتی در حالت آرامش باشید حدود ۶۰ تا ۷۰ بار در دقیقه (bpm) می‌زند و وقتی هیجان‌زده باشید ممکن است به ۲۰۰ بار در دقیقه هم برسد. همهٔ موسیقی‌ها هم درست مانند ضربان قلبْ ضربانی ریتمیک دارند. وقتی با موسیقی پای‌تان را تکان می‌دهید یا می‌رقصید درواقع بدن‌تان را با «ضرب» یا سرعت موسیقی هماهنگ می‌کنید. موسیقی آرامْ سرعتِ آهستهٔ ۶۰ تا ۷۰ ضرب در دقیقه دارد؛ مانند قلبی که در آرامش می‌زند. اما موسیقی پُرانرژیِ مخصوص رقصْ سرعتی تا ۲۰۰ ضرب در دقیقه دارد؛ درست مانند قلبی که از هیجان می‌خواهد از سینه بیرون بزند.



قلب انسانْ الگویی ریتمیک ایجاد می‌کند؛ مانند ضربات طبل

زمان‌های نوین

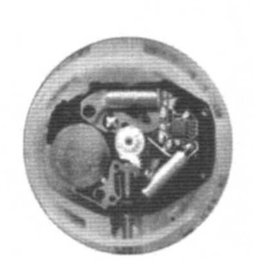
زمانْ، سنجه‌ای است که در آن زندگی می‌کنیم؛ خط‌کشی نامرئی که بر زندگی ما حاکم است. فناوری نوین به ما اجازه می‌دهد که زمان را به بخش‌هایی هرچه کوچک‌تر تقسیم کنیم و آن را بسنجیم. اما آیا فناوری زمانی به ما امکان خواهد داد که زمان را تاب دهیم و به آینده یا گذشته سفر کنیم؟ باید زمان بگذرد تا پاسخ این پرسش را بیابیم.

نگاه داشتن زمان

همهٔ انواع ساعت‌ها، برای نگاه داشتن زمان، وابسته به «نوسان‌گر هم‌ساز» هستند؛ ابزاری فیزیکی که با فرکانسی ثابت ارتعاش (نوسان) می‌کند.

◀ وزنه‌های نوسان‌گر (از دههٔ ۱۶۵۰ میلادی)

نخستین ساعت‌های دقیق به کمک وزنه‌ای نوسان‌گر - یا پاندول - زمان را می‌سنجیدند. در ساعت‌های نسل بعدی و نخستین ساعت‌های مچی میله‌ای نوسان‌گر همین کار را انجام می‌داد. به این ترتیب دستگاهِ ساعتْ کوچک و قابل حمل شد.



◀ نوسانات کوارتز (از دههٔ ۱۹۶۰ میلادی)

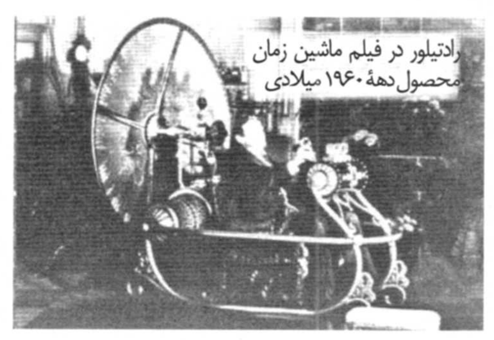
در اغلب ساعت‌های امروزیْ سنجش زمان به کمک بلورهای ریز کوارتز انجام می‌شود که نوسان دقیق ۳۲,۷۶۸ بار در ثانیه دارند. ریزتراشه‌ای این نوسانات را می‌شمارد و آن‌ها را به ساعت و دقیقه و ثانیه تبدیل می‌کند.





◀ نوسانات اتمی (از دههٔ ۱۹۹۰ میلادی)

در ساعت‌های اتمی از نوسانات ذرهٔ الکترونِ درون اتم برای سنجش زمان استفاده می‌شود. خطای این ساعت‌ها یک ثانیه در هر ۶۰ میلیون سال است. ساعت‌های مچیِ اتمی به‌صورت روزانه علایمی رادیویی از ساعت‌های اتمی دریافت می‌کنند تا اطمینان حاصل شود که همواره زمان درست را نمایش می‌دهند.



رادتیلور در فیلم ماشین زمان محصول دههٔ ۱۹۶۰ میلادی

سفر در زمان ◀

چگونه می‌توانیم در زمان سفر کنیم؟ ریاضی‌دان آمریکایی، فرانک تیپلر (-۱۹۴۷)، بر این باور است که ابتدا باید با استفاده از لولهٔ چرخان عظیمی فضا و زمان را منبسط کنیم. سپس می‌توانیم با فضاپیمایی درون لوله حرکت کنیم و رو به سوی آینده یا گذشته پیش برویم. ایرادش چیست؟ این لولهٔ تیپلر باید ۱۰ بار سنگین‌تر از خورشید و بی‌نهایت دراز باشد و نیز با انرژی منفی کار کند!

منطقه‌های زمانی ◄

تا قرن هجدهم میلادی، بیشتر مکان‌های روی زمینْ زمان را به روش خاص خود و متفاوت از دیگران می‌سنجیدند و با ساعت‌های آفتابیْ زمانِ محلی خود را معلوم می‌کردند. حالا کلّ دنیا به روشی یکسان زمان را می‌سنجند و از زمان هماهنگ جهانی (UTC) بهره می‌برند. در این سیستم، زمین به ۲۴ منطقه تقسیم شده است که هرکدام تعداد دقیقی ساعت جلوتر یا عقب‌تر از زمان لندن در انگلستان هستند که آن را زمان گرینویچ (GMT) می‌نامیم.





◄ زمان اینترنتی

به جای مناطق زمانی، هر کسی در جهان می‌تواند از سیستم زمانی یکسانی استفاده کند که فقط شروع و پایان روز در آن در مناطق مختلف زمین متفاوت باشد. این فکر پشت مفهوم زمان اینترنتی است. در این سیستم، یک روز به ۱۰۰۰ واحد تقسیم می‌شود و زمان را به‌صورت ۰۰۰ تا ۹۹۹ نمایش می‌دهند.

زمان متریک ◄

چرا زمان هرگز وارد سیستم متریک نشد؟ فرانسه پس از انقلاب سال ۱۷۸۹ میلادی مدتی کوتاه این سیستم را آزمود. آن‌ها در هر هفته ۱۰ روز گنجاندند، در هر روز ۱۰ ساعت، در هر ساعت ۱۰ دقیقه، و در هر دقیقه ۱۰ ثانیه. ماه‌ها را بر اساس اوضاع آب‌وهوا نام‌گذاری کرده بودند، بنابراین ممکن بود تولد شما یازدهم ماه مِه (اردیبهشت) یا بیست‌وهفتم ماه میوه (خرداد) باشد. زمان در سیستم متریک در میان عموم پذیرفته نشد: خُب البته یک روز در هفته تعطیل بود اما هفته ۳ روز طولانی‌تر بود و به این ترتیب تعطیلات می‌شد یک روز از هر ۱۰ روز!



زمان پلانک ◄

کوچک‌ترین زمانی که می‌توان آن را اندازه گرفت چقدر است؟ در زمان پیش از تاریخ، کوچک‌ترین واحد زمانْ یک روز بود. در قرن ۱۶ میلادی، ثانیه بود. امروز، سامانه‌های مسیریابی ماهواره‌ایْ – مثلاً درون خودروها – وابسته به ساعت‌هایی درون ماهواره‌ها هستند که هرگز خطایی بیش از یک میلیاردم ثانیه ندارند (در غیر این صورت، خودرو شما به راهی نادرست هدایت می‌شد). اما همچنان جای پیشرفت وجود دارد. کوچک‌ترین زمانی که تا به حال کسی آن را سنجیده «زمان پلانک» نام دارد ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۵ ثانیه است و به یاد فیزیک‌دان آلمانی ماکس پلانک نام‌گذاری شده است. تقسیم کردن زمان به بخش‌هایی کوتاه‌تر از این ناممکن است.



فاجعه!

آیا توفانی شدید ممکن است از زلزله بدتر باشد؟ برخورد شهاب‌سنگی چقدر باید بزرگ باشد تا دنیا آن را تحمل کند؟ سیارهٔ زمین همیشه مکانی خطرناک برای زندگی بوده است و خواهد بود. شاید از قدرت سلاح‌های کشتار جمعی خودمان در حیرت باشیم، اما آن‌ها در برابر خشونت فاجعه‌های طبیعی بسیار ناچیزند.

	مقیاس تورینو
صفر	بی‌خطر: واقعاً احتمال برخوردی وجود ندارد
۱	عادی: سنگی از نزدیکی زمین می‌گذرد و علت کمی برای نگرانی وجود دارد
۲	شایستهٔ توجه: سنگی صفیرکشان عبور می‌کند اما احتمال برخورد نیست
۳	شایستهٔ توجه: سنگی با یک درصد احتمال برخورد که موجب آسیب محدود محلی می‌شود
۴	شایستهٔ توجه: سنگی با یک درصد احتمال برخورد که موجب آسیب منطقه‌ای می‌شود
۵	تهدیدآمیز: سنگی که هنوز کمی دور است ولی شاید موجب آسیب جدّی منطقه‌ای شود
۶	تهدیدآمیز: سنگی که هنوز کمی دور است ولی شاید موجب فاجعه‌ای جهانی شود
۷	تهدیدآمیز: سنگی بزرگ و نزدیک که خطر بسیاری برای ایجاد فاجعه‌ای جهانی دارد
۸	برخورد حتمی: سنگی که قطعاً موجب آسیب محلی یا ایجاد سونامی در دریا می‌شود
۹	برخورد حتمی: سنگی بزرگ که موجب نابودی عظیم منطقه‌ای یا سونامی می‌شود
۱۰	برخورد حتمی: سنگی بزرگ که ممکن است موجب انقراض تمدن انسان شود. به خودتان زحمتِ رزرو هتل برای تعطیلات ندهید!

فاجعهٔ سیارکی ◄

دایناسورها احتمالاً ۶۵ میلیون سال پیش، طی برخورد سیارکی (سنگ آسمانی عظیم) با زمین نابود شدند. اما هر سال هزاران شهاب‌واره از نظر اندازه از قطعاتی به اندازهٔ یک خودرو تا خرده‌ریزه‌های فضایی متفاوت هستند، با زمین برخورد می‌کنند و اغلب هیچ اثری ندارند. دانشمندان علوم فضایی با استفاده از مقیاس تورینو خطری را می‌سنجند که از سوی این سنگ‌های فضایی زمین را تهدید می‌کند.

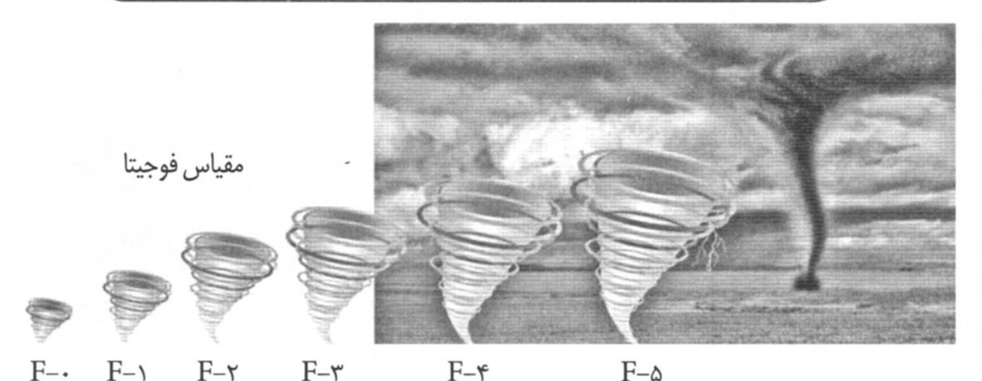
زلزله‌های لرزاننده ◀

زمین‌لرزه‌ها زمانی اتفاق می‌افتند که صفحه‌های عظیم سازندهٔ پوستهٔ زمین ناگهان از هم بگسلند یا با هم برخورد کنند که این باعث لرزش می‌شود. از آنجا که زلزله‌های بزرگ بسیار ویران‌گرتر از زلزله‌های کوچک‌اند، دانشمندان برای سنجش آن‌ها از مقیاسی خاص استفاده می‌کنند. هر پلّه بالاتر در این مقیاس به معنای این است که زلزله ۳۰ بار قوی‌تر از پلهٔ قبلی است. بنابراین زلزله‌ای با قدرت ۸ درواقع هشت برابر زلزله‌ای با قدرت ۱ نیست، بلکه ۳۰ میلیارد بار قوی‌تر است! مقیاسی از اندازه‌ها که به این ترتیب افزایش می‌یابد را مقیاس «لگاریتمی» می‌نامیم.



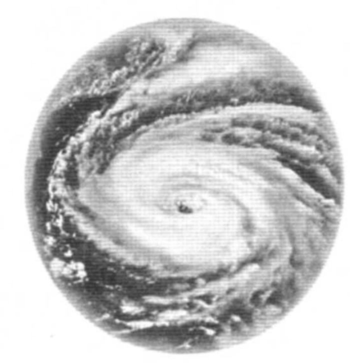
مقیاس بزرگای گشتاوری

۱	احساس نمی‌شود	
۳-۲	ناچیز	آسیب نامحتمل است.
۴	کوچک	آسیب محلی ممکن است.
۵	متوسط	آسیب محتمل و مرگ‌ومیر کم است.
۶	قوی	آسیب گسترده، مرگ‌ومیر محتمل است.
۷	بزرگ	ویرانی عظیم، مرگ‌ومیر زیاد است.
۸+	عظیم	نابودی بسیار عظیم، مرگ‌ومیر بسیار زیاد است.



گردباد ▲

گردباد نوعی باد سریع و چرخان در ابرهاست که از روی زمین آغاز می‌شود. هرچند آن‌ها بسیار کوچک‌تر از توفندها هستند، بادهایی حتی وحشی‌تر خلق می‌کنند. آن‌ها را با مقیاس فوجیتا می‌سنجیم که بدترین آن‌ها (F-۵) بادهایی با سرعت بیش از ۳۲۰ کیلومتر بر ساعت تولید می‌کنند.



بادهای توفندی ممکن است به سرعت
۲۴۰ کیلومتر بر ساعت هم برسند

پیش‌رَوی موج توفان (متر)

سطح خسارت	سرعت باد (کیلومتر بر ساعت)	رده	پیش‌رَوی موج توفان (متر)	فشار (میلی بار)
فاجعه‌بار	۱۵۶+	5	۱۸+	۱۱۹
شدید	۱۳۱	4	۱۳	۱۵۴
عظیم	۱۱۱	3	۹	۲۱۰
متوسط	۹۶	2	۶	۱۷۸
کم	۷۴	1	۴	۲۵۱+

فشار (میلی بار)

مقیاس توفند سفیر سیمپسون

توفندهای شدید ▲

دالی، کاترینا، و اندرو... توفان‌هایی با اسامی دوستانه و آشنا بی‌خطر به نظر می‌رسند، اما این توفان‌های اقیانوسی چرخان (که توفند هم نامیده می‌شوند) از هر بلای طبیعی ویران‌گرترند. هر توفان دریایی در هر دو دقیقه معادل یک بمب اتمی انرژی رها می‌کند. تخمین نیروی این توفان‌ها بخشی حیاتی در ارزیابی خطر بالقوهٔ آن‌هاست.



ضریب انفجاری آتشفشان

		حجم فوران‌شده
کوچک	۱	۰/۰۰۱ کیلومتر مکعب
متوسط	۲	۰/۰۱ کیلومتر مکعب
بزرگ	۳ ۴	کوه سنت‌هلن ۱۸ مِی ۱۹۸۰ — ۰/۱ کیلومتر مکعب ۱ کیلومتر مکعب
بسیار بزرگ	۵ ۶	۱ کیلومتر مکعب
عظیم	۷ ۸	ابرآتشفشان یلواستون ۶۰۰/۰۰۰ سال پیش

بووووووووووم!

قدرت انفجار آتشفشان‌ها ▲

شاید آتشفشانی فوران‌گر آخرین چیزی باشد که بخواهید آن را بسنجید؛ مگر این‌که دوست داشته باشید خود را مدفون زیر میلیون‌ها تُن گدازه بیابید! پس دانشمندان چگونه فوران‌های آتشفشانی را با ایمنی کامل می‌سنجند و با هم مقایسه می‌کنند؟ آن‌ها، درحالی‌که در فاصله‌ای ایمن می‌ایستند، حجم مواد فوران‌شده از قلّهٔ آتشفشان، ارتفاع پرتاب مواد، و مدت دوام فوران را اندازه می‌گیرند. هرچه این عددها بزرگ‌تر باشند، رتبهٔ آتشفشان در مقیاس ضریب انفجاری آتشفشان (VEI) بالاتر می‌رود.

بسیار بزرگ

زمین چقدر بزرگ است؟ راه شیری چقدر؟ عالم چقدر؟ آن‌ها به‌قدری وسیع‌اند که مغز ما نمی‌تواند مقیاس‌شان را درک کند؛ تنها راه درک چنین مقیاس‌های بزرگی استفاده از ریاضیات است.

اعداد توان‌مند!

در سنجش مقادیر بزرگ باید اعداد بزرگی به کار ببریم، اما نوشتن این عددها به هدر دادن وقت و کاغذ است. در عوض، دانشمندان از مفهوم توان در ریاضی استفاده می‌کنند. توان نشان می‌دهد که هر عدد چند بار باید در خود ضرب شود. در عدد $۱۰^۶$ (که آن را «۱۰ به توان ۶ می‌خوانیم»)، ۶ همان توان است. اینْ روش سریع نوشتن ۱۰×۱۰×۱۰×۱۰×۱۰×۱۰ (یا یک میلیون یا عدد ۱ با شش صفر در مقابلش) است. عددهایی که ضریب ساده‌ای از ۱۰ نیستند به روش دیگری نوشته می‌شوند: مثلاً ۲ میلیون را می‌نویسیم $۲×۱۰^۶$ و عدد ۷،۶۵۴،۳۲۱ را به این ترتیب می‌نویسیم: $۷/۶۵۴۳۲۱×۱۰^۶$.

$۱۰^۳ = ۱۰۰۰$

$۱۰^۶ = ۱،۰۰۰،۰۰۰$

$۱۰^۹ = ۱،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰$

$۱۰^{۱۲} = ۱،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰،۰۰۰$

واحدهای عظیم

در سنجش فاصله‌های عظیم در فضا واحد متر به حدّ کافی بزرگ نیست، بنابراین دانشمندان از مجموعه‌ای متفاوت از واحدها بهره می‌برند: واحد نجومی، سال نوری، و پارسِک. یک واحد نجومی فاصلهٔ میان زمین تا خورشید است، یک سال نوری فاصله‌ای است که نور در یک سال طی می‌کند. وقتی با تلسکوپ به جرمی در فاصلهٔ ۱۰ سال نوری می‌نگریم به این معناست که آن نما ۱۰ سال پیش رخ داده است؛ ده سال طول کشیده است تا این تصویر به ما برسد.

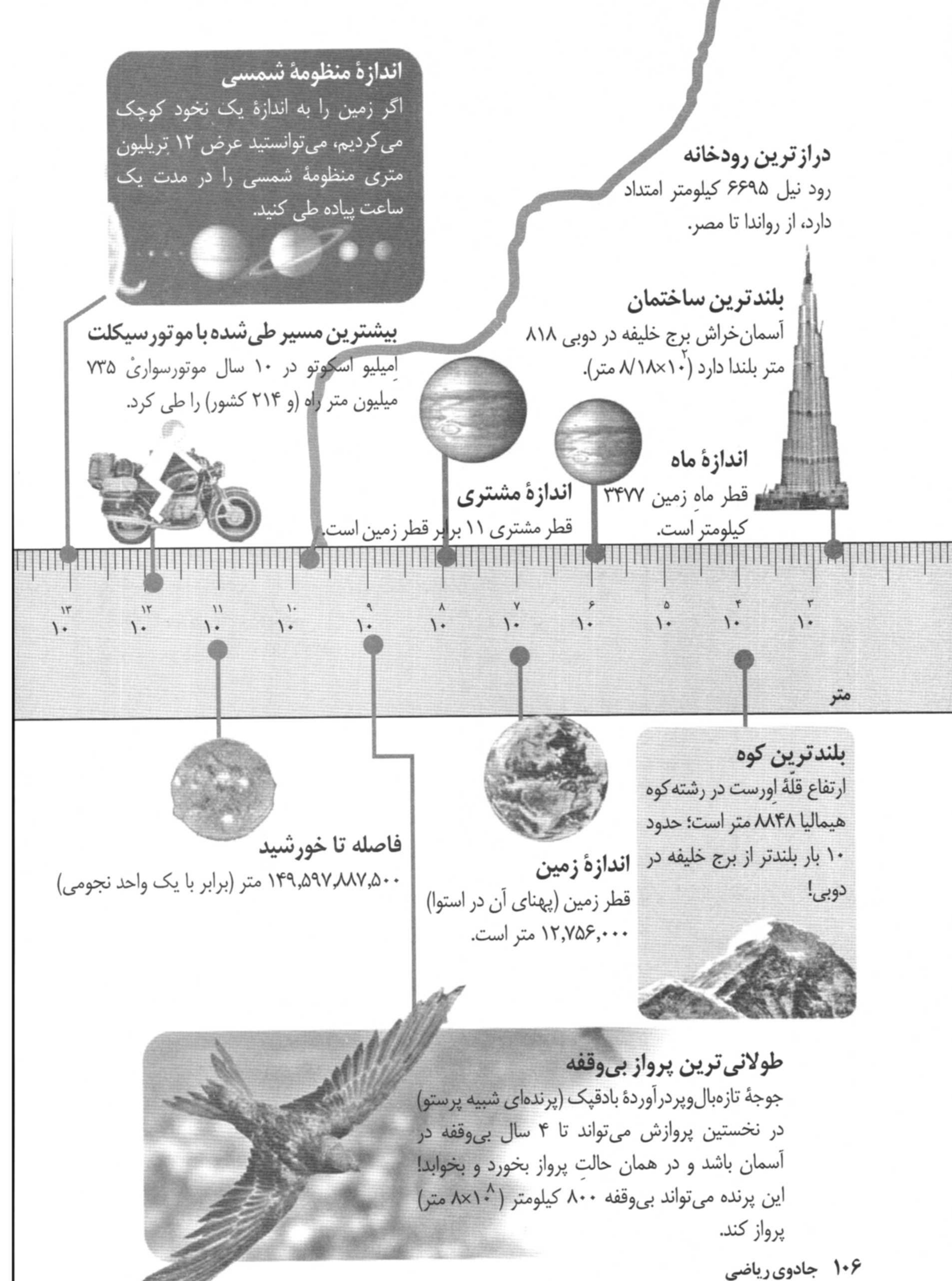
واحد نجومی = $۱/۵×۱۰^{۱۱}$ متر

سال نوری = $۹/۴۶×۱۰^{۱۵}$ متر

پارسِک = $۳×۱۰^{۱۶}$ متر

کیلوپارسِک = $۳×۱۰^{۱۹}$

مِگاپارسِک = $۳×۱۰^{۲۲}$



اندازهٔ منظومهٔ شمسی
اگر زمین را به اندازهٔ یک نخود کوچک می‌کردیم، می‌توانستید عرض ۱۲ تریلیون متری منظومهٔ شمسی را در مدت یک ساعت پیاده طی کنید.
درازترین رودخانه
رود نیل ۶۶۹۵ کیلومتر امتداد دارد، از رواندا تا مصر.
بلندترین ساختمان
آسمان‌خراش برج خلیفه در دوبی ۸۱۸ متر بلندا دارد (۸/۱۸×$۱۰^{۲}$ متر).
بیشترین مسیر طی‌شده با موتورسیکلت
اِمیلیو اسکوتو در ۱۰ سال موتورسواری، ۷۳۵ میلیون متر راه (و ۲۱۴ کشور) را طی کرد.
اندازهٔ ماه
قطر ماهِ زمین ۳۴۷۷ کیلومتر است.
اندازهٔ مشتری
قطر مشتری ۱۱ برابر قطر زمین است.
$۱۰^{۱۳}$ $۱۰^{۱۲}$ $۱۰^{۱۱}$ $۱۰^{۱۰}$ $۱۰^{۹}$ $۱۰^{۸}$ $۱۰^{۷}$ $۱۰^{۶}$ $۱۰^{۵}$ $۱۰^{۴}$ $۱۰^{۳}$
متر
بلندترین کوه
ارتفاع قلّهٔ اِورست در رشته‌کوه هیمالیا ۸۸۴۸ متر است؛ حدود ۱۰ بار بلندتر از برج خلیفه در دوبی!
فاصله تا خورشید
۱۴۹,۵۹۷,۸۸۷,۵۰۰ متر (برابر با یک واحد نجومی)
اندازهٔ زمین
قطر زمین (پهنای آن در استوا) ۱۲,۷۵۶,۰۰۰ متر است.
طولانی‌ترین پرواز بی‌وقفه
جوجهٔ تازه‌بال‌وپردرآوردهٔ بادخورک (پرنده‌ای شبیه پرستو) در نخستین پروازش می‌تواند تا ۴ سال بی‌وقفه در آسمان باشد و در همان حالتِ پرواز بخورد و بخوابد! این پرنده می‌تواند بی‌وقفه ۸۰۰ کیلومتر (۸×$۱۰^{۵}$ متر) پرواز کند.

سحابی جبار

این ابر عظیم، که از گاز و غبار ساخته شده است، پهنایی برابر ۳۰ سال نوری یا ۲۸۰ کوادریلیون متر است.

خوشه‌ی کهکشانی

راه شیری فقط یکی از چندین کهکشان عالم است. این کهکشان با کهکشان‌های همسایه‌اش خوشه‌ای را تشکیل می‌دهند (به نام گروه محلی) که پهنای آن ۶ میلیون سال نوری است.

مرزهای عالم

بزرگ‌ترین چیزی که برای ذهن بشر شناخته‌شده است، چیست: عالم؟ برخی می‌گویند ابعاد عالم به اندازهٔ سنّش است، بنابراین اندازه‌اش ۱۳/۷ میلیارد سال نوری است. اما این همهٔ ماجرا نیست، زیرا خود فضا در حال انبساط است. با توجه به این، دورترین اجرامی که می‌توانیم ببینیم در فاصلهٔ ۴۶/۵ میلیارد سال نوری (۴/۴×۱۰^{۲۶} متر) از ما قرار دارند. و این تازه عالم «رصدپذیر» است؛ شاید فراتر از دیدرس تلسکوپ‌های ما باز هم چیزهای بیشتری باشد. هیچ‌کس واقعاً نمی‌داند که عالم چقدر بزرگ است.





۱۰^{۱۵} ۱۰^{۱۶} ۱۰^{۱۷} ۱۰^{۱۸} ۱۰^{۱۹} ۱۰^{۲۰} ۱۰^{۲۱} ۱۰^{۲۲} ۱۰^{۲۳} ۱۰^{۲۴} ۱۰^{۲۵} ۱۰^{۲۶} ۱۰^{۲۷}

خط‌کش کیهانی

خلأ

در فضا حفره‌های بسیار عظیمی وجود دارند که ستاره، گاز، یا هیچ ماده‌ای درون آن‌ها یافت نمی‌شود. این‌ها را خلأ می‌نامیم و بزرگ‌ترین خلأیی که تا به حال کشف کرده‌ایم پهنایی معادل تقریباً یک میلیارد سال نوری دارد. هیچ‌کس نمی‌داند چرا این حفره‌ها در فضا وجود دارند....

راه شیری

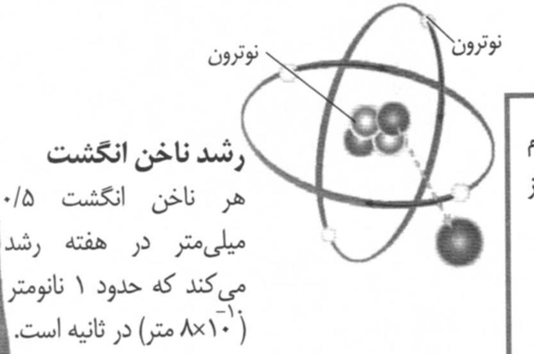
میلیون‌ها ستاره، ازجمله منظومهٔ شمسی خودمان، راه شیری را می‌سازند. طول این کهکشان از یک سو به سوی دیگرش ۱۰۰,۰۰۰ سال نوری است.

تا چقدر دور را می‌توان دید؟

احتمالاً دورتر از چیزی که شما فکر می‌کنید. تا به حال ستاره‌ها را در شبی صاف دیده‌اید؟ آن‌ها چندین سال نوری دورتر از ما قرار دارند! دورترین جرمی که می‌توانیم با چشم غیرمسلّح ببینیم معمولاً کهکشان آندرومدا، در فاصلهٔ ۲ میلیون سال نوری، است. برخی از رصدگران می‌توانند حتی کهکشان مثلث، در فاصلهٔ ۳/۱۴ میلیون سال نوری، را هم ببینند.

بسیار کوچک

در گذشته، فیلسوف‌ها عادت داشتند بر سر موضوعات این‌چنینی بحث کنند که مثلاً چند فرشته می‌توانند روی سر سوزن برقصند! سر سوزن تقریباً کوچک‌ترین چیزی بود که هر کسی می‌توانست ببیند. حالا دانشمندان چیزهایی را می‌سنجند که ۱۰ میلیون بار کوچک‌ترند.



اتم هلیوم

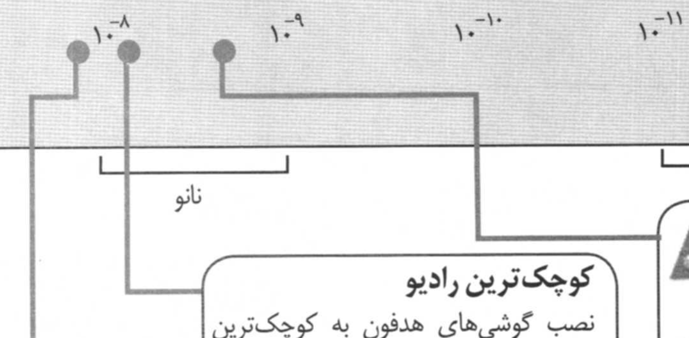
قطر (از مرکز تا لبهٔ خارجی) اتم هلیوم حدود ۳۰ پیکومتر است. تریلیون‌ها عدد از این اتم بر سر سوزن جا می‌شود.

رشد ناخن انگشت

هر ناخن انگشت ۰/۵ میلی‌متر در هفته رشد می‌کند که حدود ۱ نانومتر (8×10^{-10} متر) در ثانیه است.

پروتون

حدود یک میلیونیوم یک نانومتر



کوچک‌ترین رادیو

نصب گوشی‌های هدفون به کوچک‌ترین رادیوِ جهان کار دشواری است. این رادیو درون لوله‌ای به قطر ۰/۰۰۰۰۱ میلی‌متر (۱۰ نانومتر) جای می‌گیرد.

هنر اتمی

در دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی، دانشمندانی که در شرکت کامپیوتری آی‌بی‌اِم (IBM) کار می‌کردند با استفاده از میکروسکوپ الکترونی قدرتمندی توانستند ۳۵ اتم زنون را در ساخت لوگوی IBM به ارتفاع ۵ نانومتر به کار بگیرند.

ویروس سرماخوردگی

اندازهٔ میکروب‌هایی که سرماخوردگی را به شما منتقل می‌کنند ۲۰ نانومتر است.

کوتاه‌ترین مرد



هی پینگ پینگ از چین فقط ۷۵ سانتی‌متر ($۷/۵ \times ۱۰^{-۱}$ متر) قد دارد.



گلبول قرمز خون

در هر قطره از خون انسان حدود ۵ میلیون گلبول قرمز وجود دارد. در مکانی به پهنای ۷ میکرومتر (۷ میلیونیوم یک‌متر یا ۷×۱۰^{-۶} متر) جای بسیاری برای آن‌ها وجود دارد!

کوچک‌ترین آفتاب‌پرست

آفتاب‌پرست‌های پیگمی در حالت رشد کامل قدّشان فقط ۳ سانتی‌متر است.

کوچک‌ترین اندازه‌ای که چشم غیرمسلّح انسان می‌بیند.

میلی

$۱۰^{-۱}$ $۱۰^{-۲}$ $۱۰^{-۳}$ $۱۰^{-۴}$ $۱۰^{-۵}$ $۱۰^{-۶}$



متر

میکرو

کوچک‌ترین اسب،

به نام تامبلینا، قدّی برابر ۴۳ سانتی‌متر دارد.

کوچک‌ترین شطرنج

این دست شطرنج با پهنای ۲/۴ میلی‌متر ($۲/۴ \times ۱۰^{-۳}$ متر) روی انتهای سوزن ته‌گرد جا می‌شود. برای بازی کردن باید موچین داشته باشید!



ریزتراشهٔ میلی‌متری

اندازهٔ ریزتراشه‌ای که در میان آرواره‌های این مورچه می‌بینید $۱۰^{-۳}$ متر، یعنی فقط یک میلی‌متر، است.

این عکس، که با میکروسکوپ الکترونی گرفته شده، حدود ۱۳ برابر بزرگ شده است.



اعداد کوچک

درست همان‌طور که توان در شرح عددهای بزرگ کمک می‌کرد (صفحهٔ ۱۰۵ را ببینید) می‌توان از آن در شرح عددهای کوچک هم استفاده کرد. توان منفیْ تعداد صفرهایی را نشان می‌دهد که پس از علامت اعشار در عددهای کوچک می‌آید. بنابراین ۳ سانتی‌متر روی خط‌کش متر صفحهٔ پیش معادل $۳×۱۰^{-۲}$ متر است.

$۱۰^{۰} = ۱$

$۱۰^{-۳} = ۰/۰۰۱$

$۱۰^{-۶} = ۰/۰۰۰,۰۰۱$

$۱۰^{-۹} = ۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱$

واحدهای کوچک

اندازه‌گیری اجسام کوچک با واحد متر عملی نیست، بنابراین برای این کار هم از واحدهایی کوچک‌تر استفاده می‌کنیم. مثلاً قطر سر سوزن حدود دوهزارم یک متر یا ۲ میلی‌متر یا ۲ میلیون نانومتر است. دانشمندان، برای دیدن اجسام بسیار ریز (مانند اتم‌ها)، به میکروسکوپ الکترونی نیاز دارند. در این ابزار به جای پرتو نور از پرتویی از الکترون‌ها استفاده می‌شود و به این ترتیب می‌توان با آن اجسامی تا ۱,۰۰۰ بار ریزتر از میکروسکوپ‌های معمولی را دید.

۱ سانتی‌متر (cm) = ۰/۰۱ متر = $۱۰^{-۲}$ متر

۱ میلی‌متر (mm) = ۰/۰۰۱ متر = $۱۰^{-۳}$ متر

۱ میکرومتر (mμ) = ۰/۰۰۰,۰۰۱ متر = $۱۰^{-۶}$ متر

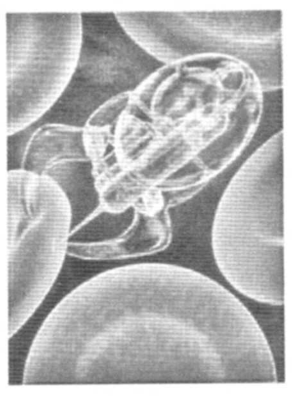
۱ نانومتر (nm) = ۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱ متر = $۱۰^{-۹}$ متر

۱ پیکومتر (pm) = ۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱ متر = $۱۰^{-۱۲}$ متر

۱ فِمتومتر (fm) = ۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱ متر = $۱۰^{-۱۵}$ متر

۱ یوکتومتر (ym) = ۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱ متر = $۱۰^{-۲۴}$ متر

۱ طول پلانک = ۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۱۶ متر = $۱/۶×۱۰^{-۳۵}$ متر



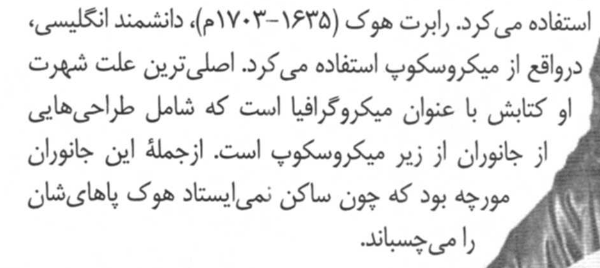
نانوفناوری ◄

وقتی بتوانیم تک‌تک اتم‌ها را ببینیم و به آن‌ها دسترسی داشته باشیم، ممکن است بتوانیم آن‌ها را سنگ‌بنای ساختارهای بسیار ریز و میکروسکوپی کنیم. در تئوری، با وجودِ داشتنِ کنترل مطلق بر اتم‌ها، می‌توانیم اجسام بی‌عیب‌ونقصی را اتم‌به‌اتم بسازیم. شاید در آینده بتوانیم «نانوبوت» بسازیم؛ هم اکنون دانشمندان سعی می کنند روبوت‌هایی آن‌قدر کوچک بسازند که بتوانند درون رگ‌های خونی ما شنا کنند و آسیب‌ها را ترمیم کنند و بیماری‌ها را از میان ببرند.



مردان میکروسکوپ ▼

آنتون فَن لیوون‌هوک (۱۶۳۲-۱۷۲۳م)، دانشمند دانمارکی، نخستین بررسی‌های علمی دنیای خیلی ریز را انجام داد. اَو از بررسی و زیر نظر گرفتن چیزهایی مانند دندان‌های افراد پیر لذت می‌برد و یکی از نخستین کسانی بود که باکتری را دید. او را اغلبْ پدر علوم میکروسکوپی می‌نامند، اما درواقع او از ذره‌بین استفاده می‌کرد. رابرت هوک (۱۶۳۵-۱۷۰۳م)، دانشمند انگلیسی، درواقع از میکروسکوپ استفاده می‌کرد. اصلی‌ترین علت شهرت او کتابش با عنوان میکروگرافیا است که شامل طراحی‌هایی از جانوران از زیر میکروسکوپ است. ازجملهٔ این جانوران مورچه بود که چون ساکن نمی‌ایستاد هوک پاهای‌شان را می‌چسباند.

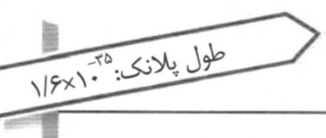




طراحی هوک از کَک

چقدر می‌توان کوچک شد؟

برای این‌که چیزی کوچک و کوچک‌تر شود و هنوز همچنان وجود داشته باشد حدّی وجود دارد. کوچک‌ترین اندازه‌ای که می‌شناسیم طول پلانک نام دارد (که به نام فیزیک‌دان آلمانی، ماکس پلانک، نام‌گذاری شده است). هیچ‌چیز ممکن نیست از طول پلانک کوچک‌تر باشد، که خُود حدود $۱۰^{۲۰}$ بار کوچک‌تر از پروتون است... یا الکترون، یا کوارک، یا لپتون. همه‌ی این «ذرات بنیادین» را به اندازه‌ی یک «نقطه» در نظر می‌گیریم و از آنجایی که یک نقطه بُعدی ندارد، اندازه‌ی این ذرات صفر است!



واحدهای اندازه‌گیری عجیب و شگفت‌انگیز

از واحد جِرک برای اندازه‌گیری چی استفاده می‌کنیم؟ واحدهای گوگول، میکی، اسموت، و گارن چطور؟ این هشت صفحه را بخوانید تا با برخی از عجیب‌ترین واحدهای اندازه‌گیری در دنیا آشنا شوید.

گوگول

در سال ۱۹۳۸، ریاضی‌دانی به نام ادوارد کاسنر واحد گوگول را ابداع کرد. درواقع این اسم را خواهرزادهٔ ۸ ساله‌اش از خودش درآورده بود. گوگول عدد واقعاً واقعاً بزرگی است: عدد ۱ با ۱۰۰ صفر در مقابل آن. موتور جست‌وجوی گوگل (Google) را به نام این واحد نام‌گذاری کرده‌اند.

گوگول $= ۱۰^{۱۰۰}$

حجم و خلوص

عیار (خلوص) ◄

چرا برخی اشیای طلا از برخی دیگر گران‌قیمت‌ترند؟ به سبب این‌که درجهٔ خلوص طلا، که با واحد عیار سنجیده می‌شود، ممکن است بسیار تفاوت کند. طلای خالص عیار ۲۴ دارد، درحالی‌که طلای ۱۸ عیار دارای ۱۸ واحد طلا و ۶ واحد از فلزی دیگر است که به این ترتیب یعنی خلوص ۷۵ درصد دارد.

◄ استخر المپیکی

اندازه‌های استخر شنای المپیکی چنین است: طول ۵۰ متر × عرض ۲۵ متر × عمق ۲ متر. این اندازهٔ بزرگ حجم برای توصیف مقادیر زیاد بسیار کارآمد است. مثلاً می‌توان گفت زبالهٔ تولیدی کشور انگلستان به اندازه‌ای است که در هر ۴ دقیقه یک استخر المپیکی را پُر می‌کند.

بارن ◄



این واحد، که در زبان انگلیسی به معنای «انباری» است، درواقع زمانی متولد شد که دانشمندی به‌شوخی گفت که هستهٔ یک اتم اورانیوم «به اندازهٔ یک انباری بزرگ است». در حقیقت، یک بارن واحدی بسیار بسیار بسیار ریز است؛ اگر بخواهیم دقیق باشیم، ۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۱ متر مربع است!

سیدهارب ◀



استرالیایی‌ها برای اندازه‌گیری حجم آب از این واحد استفاده می‌کنند. یک سیدهارب مقدار آبی است که در بندر سیدنی (Sydharb = Sydney Harbour) یافت می‌شود و حدود ۵۰۰ میلیارد لیتر است.

هوووممم... این اندازه‌گیری خیلی هم بهداشتی نیست.

◀ یه دهن پُر

«یه دهن پُر» حدود ۲۸ میلی‌لیتر است و زمانی برای اندازه‌گیری حجم‌های کوچک از آن استفاده می‌کردند... اَه!

یالّا تکون بخور!

سرعت و قدرت

اسب بخار ◀

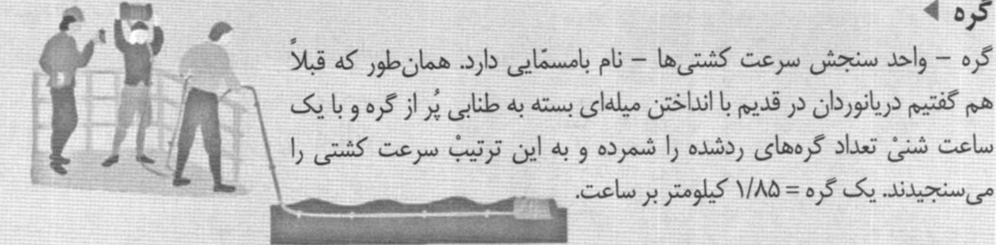
در روزگارِ درشگه‌هایی که با اسب کشیده می‌شدند مردم قدرت کشش را با تعداد اسب‌ها بیان می‌کردند. عجیب این است که امروز هنوز برای بیان قدرت خودروهای مختلف از واحد «اسب بخار» یا «اسب» استفاده می‌کنیم. اما افراد زیادی را سراغ نداریم که از واحد کمترشناخته‌شدهٔ «خر بخار» یا «خر» استفاده کنند! اگر علاقه‌مندید که بدانید، یک خر بخار یک‌سوم یک اسب بخار است!

سرعت نور

سریع‌ترین چیز در عالم نور است. قوانین فیزیک می‌گویند که چیزی نمی‌تواند سریع‌تر از نور حرکت کند. نور در میان فضا با سرعت حدود یک میلیارد کیلومتر بر ساعت (یا ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه) حرکت می‌کند؛ آن‌قدر سریع که در هر ثانیه ۷ بار دور زمین را می‌پیماید.

جِرک ▼

وای!! تا حالا شده سوار ماشین مسابقه باشید و وقتی ناگهان سرعتش را افزایش می‌دهد، تکان آن را حس کرده باشید؟ مهندسان واحد «جِرک» به معنای «تکان ناگهانی» را سرعت تغییرات شتاب تعریف می‌کنند و آن را با واحد متر بر مکعبِ ثانیه می‌سنجند.



گره ◀

گره – واحد سنجش سرعت کشتی‌ها – نام بامسمّایی دارد. همان‌طور که قبلاً هم گفتیم دریانوردان در قدیم با انداختن میله‌ای بسته به طنابی پُر از گره و با یک ساعت شنیْ تعداد گره‌های ردشده را شمرده و به این ترتیبْ سرعت کشتی را می‌سنجیدند. یک گره = ۱/۸۵ کیلومتر بر ساعت.

مقیاس اسکاویل ▼

مقیاس اسکاویل واحد اندازه‌گیری تُندی فلفل است! مراقب خیلی تندهاش باشید!

فلفل هابانرو – ۲۰۰,۰۰۰

فلفل ناگا جولوکیا – ۱,۰۰۰,۰۰۰ (تندترین فلفل دنیا!)

فلفل دلمه‌ای – صفر

فلفل هالاپنیو – ۲۵۰۰

فلفل قرمز – ۳۰,۰۰۰

اندازه

کیوبیت ◀

این قدیمی‌ترین واحد شناخته‌شده برای طول است که در مصر باستان استفاده می‌شده است. این واحد برابر است با طول بازوی یک مرد از آرنج تا نوک انگشت میانی او.

◀ انگشت و وجب

انگشت

وجب

برای اندازه‌گیری اجسام، چه چیزی کارآمدتر و در دسترس‌تر از دست؟ یک انگشت (پهنای انگشت) برابر است با ۲ سانتی‌متر و یک وجب برابر است با ۲۳ سانتی‌متر. همچنین یک وجب نصف یک کیوبیت است؛ می‌توانید روی دست خودتان این را آزمایش کنید.

فِرلانگ ◀



این واحد قدیمی انگلیسی برابر بود با فاصله‌ای که گاوآهن در مزرعه‌ای استاندارد کشیده می‌شد؛ یعنی حدود ۲۰۱ متر. این واحد در سال ۱۹۸۵ منسوخ شد اما هنوز هم گاهی برخی افراد از این واحد در مسابقات اسب‌دوانی استفاده می‌کنند.

فقط ۱۰ کلیک دیگه
تا سایگون مونده

کلیک ◄

کلیک اصطلاحی در زبان ارتش به معنای کیلومتر است. این کلمه در دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی در میان سربازان آمریکایی در ویتنام رایج شد. ظاهراً علت رواج یافتنش این بوده که جیپ‌های آن‌ها در آن جنگ پس از طی کردن هر یک کیلومتر صدایی مانند «کلیک» از خود درمی‌آوردند.

فیل ◄

در قرن نوزدهم اندازه‌های A۴ و A۵ و A۶ برای کاغذ وجود نداشتند. و در عوض، کاغذهای «بزرگ» (۳۷×۴۲ سانتی‌متر) و «فیلی» (۵۸×۷۱ سانتی‌متر) وجود داشتند. و اگر واقعاً می‌خواستید طرف مقابل‌تان را تحت تأثیر قرار دهید می‌بایست روی بزرگ‌ترین کاغذ موجود درخواست‌تان را می‌نوشتید: کاغذ «دو فیلی».

یک دانهٔ جو

دانهٔ جو ◄

این واحد آنگلو ساکسونی به اندازهٔ طول یک دانهٔ جو بوده است. در انگلستان سدهٔ میانی سه دانهٔ جو یک اینچ (۲/۵ سانتی‌متر) می‌شد.

وزن

Grain
Coin

دانه ◄

«دانه» واحد وزن بوده بر اساس وزن دانه‌های گندم، جو، یا دیگر غلات. مدت‌های طولانی از این واحد برای سنجش وزن اشیای گران‌قیمت مانند سکه، فشنگ، و باروت استفاده می‌شد.

قیراط ◄

واحدی برای سنجش وزن الماس یا دیگر سنگ‌های قیمتی است. ریشهٔ این کلمه (carat) یونانی و کلمه‌ای بوده به معنای دانهٔ گیاه خرنوب که در آن زمان واحد استاندارد سنجش وزن در یونان باستان بوده است. امروز برابر است با ۲۰۰ میلی‌گرم.



اتموس ◀

در قرون وسطی، واژهٔ لاتین اتموس به معنای «چشمک چشم» بوده است؛ یعنی کوچک‌ترین زمان قابل تصور. ما در فارسی مشابه آن را داریم: «چشم به‌هم‌زدن». امروز اندازهٔ واحد اتموس را حدود ۱۶۰ میلی‌ثانیه می‌دانند.

◀ سال کهکشانی

این زمانی است که طول می‌کشد تا منظومهٔ شمسی ما یک بار به دور مرکز راه شیری بگردد و با علامت GY نشان داده می‌شود. یک GY = ۲۵۰ میلیون سال. در مقیاس کهکشانی، اقیانوس‌ها زمانی بر سطح زمین پراکنده شدند که زمین ۴ سال کهکشانی از عمرش گذشته بود و حیات زمانی شکل گرفت که زمین ۵ سال کهکشانی عمر داشت. اکنون زمین ۱۸ سال کهکشانی سنّ دارد؛ هنوز نوجوان است!

جیفی ◀

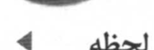
جیفی در زبان انگلیسی به معنای «آن» و «دَم» است. اندازه‌ی این واحد کوتاهِ زمان بستگی به این دارد که از چه کسی بپرسید. اما متخصصان کامپیوتر یک جیفی را یک تیک ساعت سیستم کامپیوتر (۰/۰۱ ثانیه) تعریف می‌کنند. فیزیک‌دانان می‌گویند یک جیفی زمانی است که طول می‌کشد تا نور، قطر پروتونی را طی کند؛ یعنی مقدار بسیار کوچک ۳×۱۰^{-۲۹} ثانیه.

◀ ریش-ثانیه

یک ریش-ثانیه مقدار رشد ریش یک مرد در یک ثانیه است: یعنی ۵ نانومتر (۰/۰۰۰۰۰۵ میلی‌متر). از این واحد کاملاً غیرجدّی فقط فیزیک‌دانان فیزیک اتمی استفاده می‌کنند تا فاصله‌های ریزی را توصیف کنند که اتم‌ها و ذرات زیراتمی در آن‌ها حرکت می‌کنند. (و البته فقط خودشان می‌دانند درباره‌ی چه چیزی صحبت می‌کنند!)

مگاآنوم (Ma) ◀

یک مگاآنوم برابر است با یک میلیون سال و این واحد برای توصیف تاریخ طولانی زمین بسیار کارآمد است. دانشمندان آن را «مقیاس زمین‌شناختی» می‌نامند. دایناسورها ۶۵ مگاآنوم پیش منقرض شدند.



گیگاآنوم (Ga)

یک گیگاآنوم برابر است با یک میلیارد سال. سیاره‌ی زمین ۴/۵۷ گیگاآنوم سال پیش شکل گرفت. چشمگیرتر از این، اما کمتر کاربردی، واحد تِراآنوم است: یک تراآنوم یک تریلیون سال و ۷۰ برابر عمر عالم است.

چه لحظه‌ای!

لحظه

وقتی به کسی می‌گویید «یک لحظه صبر کن!» دقیقاً منظورتان این است که چقدر صبر کند؟ لحظه درواقع واحدی باستانی برای زمان و برابر است با یک‌چهلم یک ساعت یا ۱/۵ دقیقه.

کامپیوتر

میکی

این واحد، که به یاد شخصیت کارتونی میکی ماوس نام‌گذاری شده، درواقع برابر است با کوچک‌ترین اندازه‌ی تشخیص‌پذیر در حرکت ماوس کامپیوتر روی صفحه‌ی نمایش و ۰/۱ میلی‌متر است. سعی کنید این جمله را به سریع‌ترین حالتی که می‌توانید چند بار پشت سر هم تکرار کنید: «میکی ماوس یه میکی، ماوس رو تکون داد».

نیبل

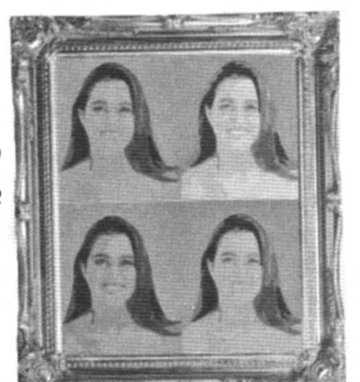
در دنیای کامپیوتر، یک نیبل نصف یک بایت است. خُب بایت چیست؟ بخوانید...

یه نیبل کافی نیست.
من یه بایت می‌خوام!

بایت

همهٔ ما می‌دانیم که مگابایت و گیگابایت تقریباً چیست، اما خود بایت دقیقاً چیست؟ کامپیوترها همهٔ اطلاعات‌شان را به‌صورت کُدهای باینری ذخیره می‌کنند، که تشکیل شده از رشته‌ای از صفرها و یک‌ها. هر «صفر» یا «یک» را یک «بیت» (بر وزن چیت) می‌نامیم و مجموعه‌ای از هشت بیت یک «بایت» است. مثلاً حرف F انگلیسی به‌صورت یک بایت ذخیره می‌شود که از الگوی بیتی ۰۱۰۰۰۱۱۰ تشکیل شده است. یک کیلوبایت هزار بایت است، یک مگابایت یک میلیون، یک گیگابایت یک میلیارد، و یک ترابایت یک تریلیون بایت است.

اندی وارهول



نقاش نوگرای آمریکایی در قرن بیستم، زمانی گفته بود: «در آینده زمانی می‌رسد که هرکسی دست‌کم ۱۵ دقیقه مشهور خواهد بود». بنابراین، وارهول واحد اندازه‌گیری شهرت است. یک کیلووارهول به معنای مشهور بودن به مدت ۱۵,۰۰۰ دقیقه یا تقریباً ۱۰ روز است.

من هزاران کشتی را درگیر جنگ کرده‌ام!

میلی‌هلن

از واحد میلی‌هلن برای سنجش زیبایی استفاده می‌شود. هلن اهل تروا و ملکهٔ فوق‌العاده زیبا در اسطوره‌های یونان، صورتی داشت که اصطلاحاً می‌گویند «هزارن کشتی را درگیر جنگ کرد»؛ زیرا هزاران مرد یونانی برای جنگ با تروایی‌ها عازم می‌شدند تا هلن را به غنیمت ببرند! مقدار زیبایی لازم برای فرستادن فقط یک کشتی به جنگ یک میلی‌هلن است.

اسموت

یک اسموت را ۱/۷ متر تعریف می‌کنند که ارتفاع قدّ دانشجوی آمریکایی الیور اسموت در سال ۱۹۵۸ بوده است. طی یک شوخی دانشجویی در دانشگاه هاروارد از آقای اسموت برای اندازه‌گیری طول پُل هاروارد استفاده کردند. دوستان اسموت، او را روی زمینِ پُل می‌خواباندند، بالای سرش علامتی می‌زدند، و دوباره او را در ادامهٔ مسیر می‌خواباندند و همین‌طور تا آخر. طول پُل ۳۶۴/۴ اسموت بود به‌اضافه یا منهای یک گوش! آن علامت‌گذاری‌ها هنوز روی پل هستند.

گارن

شصت درصد فضانوردان در حالت بی‌وزنی در فضا دچار بیماری فضازدگی می‌شوند. اما بدترین حالتی که تا به حال گزارش شده مربوط به سناتور جک گارن در سال ۱۹۸۵ بوده است. او آن‌قدر حالش بد شد که امروز ناسا نام او را واحد سنجش میزان فضازدگی فضانوردان قرار داده است. یک گارن بدترین حالی است که ممکن است به شما دست بدهد!

نمرهٔ آپگار

وقتی به دنیا آمدید به شما یک نمرهٔ آپگار دادند؛ نخستین امتحان زندگی‌تان و نخستین نمره‌ای که در زندگی‌تان گرفته‌اید! نمرهٔ آپگار میزان سلامتی نوزاد تازه‌متولدشده را بلافاصله پس از تولد می‌سنجد. مواردی که سنجیده می‌شوند عبارت‌اند از، ظاهر، نبض، واکنش، فعالیت ماهیچه‌ها، و تنفس که از حروف اول‌شان در زبان انگلیسی کلمهٔ آپگار درست شده است. مقیاس آپگار از صفر تا ۱۰ است.

هوبو

این واحد اندازه‌گیری بوی بد است که از صفر (بی‌بو) تا ۱۰۰ (کشنده) تغییر می‌کند. باد معده‌ای قوی حدود ۱۳ هوبو است. اما بویی با ۵۰ هوبو فرد بوکِشنده را به استفراغ می‌اندازد. اَه!

دسیبِل

شدت صوت را با واحدی به نام دسیبِل می‌سنجیم که آن را از نام الکساندر گراهام بِل، مخترع تلفن، گرفته‌ایم. ۱۰ دسیبل افزایش شدت صوت درواقع ده برابر افزایش نیروست، بنابراین صدایی ۴۰ دسیبلی ۱۰۰۰ بار پُرقدرت‌تر از صدایی ۱۰ دسیبلی است (اما فقط ۸ برابر بلندتر است).

شاخص بیگ‌مک

شاخص بیگ‌مک واحدی غیررسمی است که اقتصاددانان ابداع کرده‌اند تا برابری قدرت خرید دو واحد پول را بسنجند و با هم مقایسه کنند. این واحد بر مبنای قیمت ساندویچ بیگ‌مک در هر کشور سنجیده می‌شود، مثلاً اگر ساندویچ در انگلستان یک پوند و در آمریکا ۲ دلار است و درضمن نسبت رسمی این دو واحد پول به هم ۱ پوند = ۱/۵۰ دلار است، می‌فهمیم که پوند انگلستان قدرت خرید بیشتری نسبت به دلار آمریکا دارد.

دوجین نانوایی

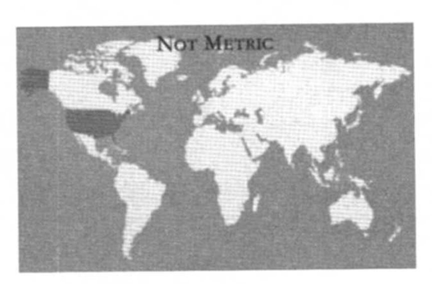
رایگان

یک دو جین نانوایی ۱۳ عدد است! این واحد اندازه‌گیری باستانی به قرن سیزدهم میلادی و کشور انگلستان بازمی‌گردد که نانوایان متقلب را به این صورت تنبیه می‌کردند که دست‌شان را قطع می‌کردند. نانواها برای جلوگیری از چنین شرایطی هرگاه مشتری یک دوجین نان می‌خرید یکی هم به او هدیه می‌دادند! فکر خوبی است.

گلّهٔ پرندگان

تا به حال به این فکر کرده‌اید که در یک گلّه پرنده چند پرنده وجود دارد؟ گلّه‌های پرندگان معمولاً ۴۰تایی است.

دستگاه متریک



تقریباً در همهٔ کشورهای دنیا از دستگاه متریک در واحدهای رسمی اندازه‌گیری استفاده می‌شود. برقراری یک نظم یا سیستم واحد به انجام معاملات جهانی کمک می‌کند: مثلاً پیچ ۱۰ میلی‌متری‌ای که در پرو ساخته می‌شود را می‌توان در سوئد هم به کار برد؛ و البته سوییسی‌ها هم می‌دانند که این پیچ دقیقاً همان اندازه‌ای است که آن‌ها لازم دارند، زیرا همه از استاندارد واحدی استفاده می‌کنند.

پیش از متریک...

پیش از سیستم متریک انواع گوناگون و پیچیده‌ای از واحدها برای اندازه‌گیری هر چیزی وجود داشت. مثلاً واحدهای سنجش طول را در نظر بگیرید: در هر فوت ۱۲ اینچ داریم، در هر یارد ۳ فوت داریم، در هر مایل ۱۷۶۰ یارد داریم، به اضافهٔ واحدهای زنجیر، فرلانگ، میله، وجب، دانهٔ جو، اِل، و غیره. همهٔ این‌ها را اضافه کنید به واحدهای ظاهراً تصادفی و عددهای عجیب و غریب که کار کردن را واقعاً مشکل می‌کرد.



اِل چیست؟ ◀

بدتر از اعداد عجیب و غریب واحدهایی بود که در مکان‌های مختلف یکسان نبودند. مثلاً واحد اِل را در نظر بگیرید. نخستین بار که در قرون وسطی در انگلستان از این واحد استفاده می‌شد برابر با طول بازوی یک مرد و حدود ۵۷ سانتی‌متر بود. اما بعدها مجلس انگلستان آن را دو برابر تعریف کرد. همان زمان، در آلمان این واحد حدود ۴۰ سانتی‌متر، و در اسکاتلند ۹۵ سانتی‌متر بود. فقط در سوییس ۶۸ مدل مختلف از واحد اِل وجود داشت. قطعاً راه‌های بهتری هم بود...!؟

اندازهٔ واحد سانتی‌متر طی بیش از ۲۰۰ سال گذشته هیچ تغییری نکرده است.

راه بهتر ◀

دستگاه متریک، که نخستین بار در دههٔ ۱۹۷۰ میلادی ابداع شد، سنجش را بسیار آسان کرد. این سیستم، که امروز آن را دستگاه جهانی واحدها یا SI می‌نامیم، مجموعه‌ای از واحدهای مشخص و آسان برای استفاده به وجود آورد. دستگاه نوین حتی واحدهای اصلی (واحدهای پایه) دارد که از دل آن‌ها واحدهای دیگر را (مانند متر مربع برای سنجش مساحت) درمی‌آوریم.

آمپرسنج
میزان جریان الکتریکی را به واحد آمپر می‌سنجد.

واحد	علامت	کمیت (آنچه این واحد برای سنجش آن استفاده می‌شود)
متر	m	طول
کیلوگرم	kg	جرم
ثانیه	s	زمان
آمپر	A	جریان الکتریکی
کلوین	K	دمای ترمودینامیکی
مول	mol	میزان مواد
شمع	cd	روشنایی (این‌که یک شیء چقدر درخشان است)

هفت واحد پایهٔ دستگاه متریک ▲

اگر در تعجب‌اید که بر سر واحدهای متریکی که در مدرسه خوانده بودید - مانند لیتر و تُن و درجهٔ سانتی‌گراد - چه آمده است نگران نباشید. هرچند که آن‌ها واحدهای رسمی دستگاه SI نیستند، در این دستگاه پذیرفته شده‌اند.



◀ خطاهای مرگ‌بار

ایالات متحدهٔ آمریکا تنها کشور جهان است که رسماً دستگاه متریک را نپذیرفته (هرچند که این دستگاه به‌طور گسترده در علم و صنعت کاربرد دارد). در عوض، آن‌ها از «واحدهای آمریکایی» استفاده می‌کنند. اما استفاده از دو دستگاه واحد فقط گیج‌کننده نیست بلکه خطرناک هم هست. در سال ۱۹۸۳، یک هواپیمای بویینگ ۷۶۷ هواپیمایی با مقدار ۲۲٫۶۰۰ پوند سوخت، سوخت‌گیری کرد. اما مقدار سوخت باید ۲۲٫۶۰۰ کیلوگرم می‌بود؛ یعنی بیش از دو برابر مقدار سوخت‌گیری‌شده! خوب معلوم است که سوخت هواپیما در میان راه تمام شد و فقط مهارت خلبان در فرود به‌موقع هواپیما بود که جان مسافران را نجات داد. یکی از فضاپیماهای ناسا نیز به مقصد مریخ دچار سانحه شد زیرا یکی از گروه‌ها واحدها را در دستگاه متریک و گروه دیگر در دستگاه واحدهای آمریکا محاسبه کرده بود!

لذت دَه‌دَهی! ◀

مزیت بزرگ دستگاه متریک این است که دستگاهی دَه‌دَهی است: یعنی واحدها را می‌توان با ضریب‌هایی از ۱۰ بزرگ‌تر یا کوچک‌تر کرد. مثلاً اندازهٔ مورچه را نمی‌توانید به متر بسنجید اما می‌توانید به هزارم متر آن را اندازه بگیرید. کارآمدتر این که برای بیان این اعداد فقط پیشوندهایی به واحد اصلی وصل می‌شود. مثلاً به جای این که بگویید اندازهٔ مورچه‌ای ۹ هزارم یک متر است به‌آسانی می‌گویید ۹ میلی‌متر است.

پیشوند	معنی	علامت	به این شکل نوشته می‌شود
ترا	در یونانی: هیولا	T	۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
گیگا	در یونانی: غول	G	۱,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰
مگا	در یونانی: بزرگ	M	۱,۰۰۰,۰۰۰
کیلو	در یونانی: هزار	k	۱,۰۰۰
هِکتو	در یونانی: صد	h	۱۰۰
دِکا	در یونانی: ده	da	۱۰
دسی	در لاتین: دهم	d	۰/۱
سِنتی	در لاتین: صدم	c	۰/۰۱
میلی	در لاتین: هزارم	m	۰/۰۰۱
میکرو	در یونانی: کوچک	µ	۰/۰۰۰,۰۰۱
نانو	در یونانی: کوتوله	n	۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱
پیکو	در اسپانیایی: ذرهٔ کوچک	p	۰/۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۱

تعیین استانداردها ◀

در سال ۱۷۹۲، در میان انقلاب فرانسه، دو اخترشناس فرانسوی فاصلهٔ میان شهرهای دان‌کِرک و بارسلونا را اندازه گرفتند و از روی آن فاصلهٔ میان قطب شمال تا استوای زمین را به دست آوردند. آن‌ها این اندازه را ۱۰ میلیون، متر نامیدند. تقسیم این اندازه به ۱۰ میلیون واحد متر را به دست داد که تبدیل به نخستین واحد در دستگاه متریک شد. اما فردی معمولی از کجا باید بفهمد یک متر دقیقاً چقدر است؟ به راهنما نیاز بود. بنابراین، در سال ۱۷۹۹، دو قطعهٔ استاندارد پلاتینیومی ساخته شد؛ مدل‌هایی برای نشان دادن اندازهٔ رسمی یک متر و یک کیلوگرم.

استاندارد کیلوگرم (که در دههٔ ۱۸۸۰ جایگزین شد) را زیر ظرفی شیشه‌ای در گنبدی در پاریس نگه‌داری می‌کنند. برای این‌که مطمئن شوید چیزی یک کیلوگرمی واقعاً یک کیلوگرم جرم دارد باید آن را با استاندارد مقایسه کنید؛ البته جرم مدل استاندارد از زمان ساخته شدن تا امروز به اندازهٔ ۳۰ میکروگرم (۳۰ میلیونیوم یک گرم) کاهش یافته است!

پاسخ‌ها

اندازه‌گیری زمین (ص ۲۰)

معما

شکل را به مثلث‌های قائم‌الزاویه تقسیم کنید. مساحت هر مثلث را با محاسبهٔ مساحت هر مستطیل (طول ضربدر عرض) و تقسیم آن به ۲ به دست آورید. سپس آن‌ها را به هم اضافه کنید.

۳×۲ ÷ ۲ =۳　　　۲×۳ ÷ ۲ =۳　　　۵×۴ ÷ ۲ =۱۰　　　۵×۲ ÷ ۲ =۵

۵+۱۰+۳+۳ = ۲۱ cm۲

اندازه‌گیری با بدن (ص ۴۴)

این جمله درست است. بیشتر مردم دنیا دو پا دارند، اما تعداد متوسط پاها روی زمین کمتر از ۲ است! در میان میلیاردها نفر انسان روی زمین، هزاران نفر وجود دارند که فقط یک پا دارند یا اصلاً پا ندارند. فرض کنید جمعیت زمین ۶۷۰۰ میلیون نفر باشد، و یک میلیون نفر با یک پا و یک میلیون نفر بی‌پا وجود داشته باشند.

تعداد کلّ پاها:

(۶,۶۹۸,۰۰۰,۰۰۰×۲) + ۱,۰۰۰,۰۰۰ = ۱۳,۳۹۷,۰۰۰,۰۰۰

تعداد کلّ مردم:

۶,۷۰۰,۰۰۰,۰۰۰

تعداد متوسط پاها:

۱۳,۳۹۷,۰۰۰,۰۰۰ ÷ ۶,۷۰۰,۰۰۰,۰۰۰ = ۱/۹۹۹۵

بنابراین اگر شما دو پا دارید، از تعداد متوسط بیشتر دارید!

وزن‌کِشی (ص ۵۳)

معمای میوه‌ها

اگر　　یک پرتقال + یک آلو = یک طالبی

و　　یک پرتقال = یک آلو + یک موز

و　　۲ طالبی = ۳ موز

چند آلو برابر است با یک پرتقال؟

پاسخ

از گزاره‌های ۱ و ۲ نتیجه می‌گیریم:

یک طالبی = ۲ آلو + یک موز

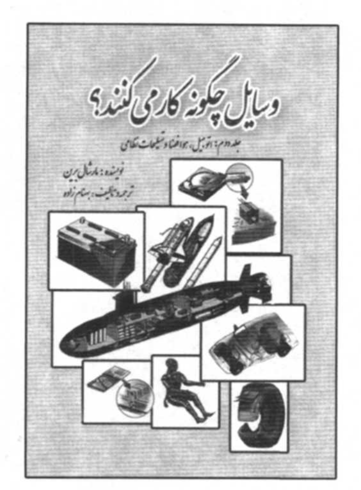
بنابراین　۲ طالبی　= ۴ آلو + ۲ موز

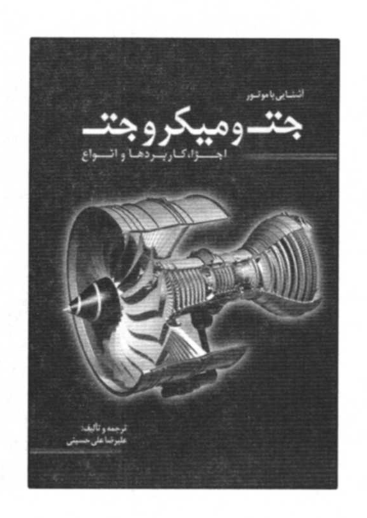
همچنین ۲ طالبی = ۳ موز
بنابراین ۴ آلو = ۱ موز
بنابراین ۵ آلو = یک پرتقال.

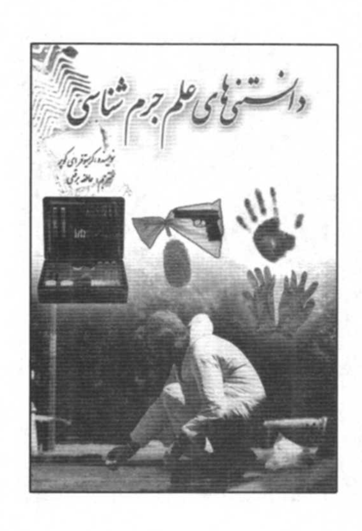
معمای کلّهٔ سنگین (ص ۵۲)

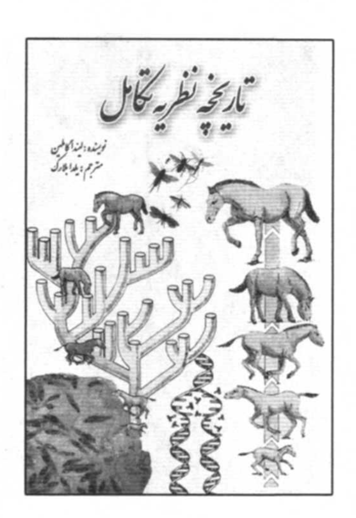
۱- سطلی پُر از آب را در سینی کمی گودی قرار دهید.
۲- سرتان را داخل سطل کنید تا جایی که کاملاً درون آب قرار بگیرد و آبی به اندازهٔ حجم خود را از سطل بیرون بریزد.
۳- آبی که از سطل توی سینی ریخته هم‌حجم سر شماست. حجم آب و سر را تقریباً می‌توان یکی گرفت زیرا چگالی آن‌ها تقریباً با هم برابر است. بنابراین اگر این آب را وزن کنید تقریباً به عدد دقیق وزن سر خودتان می‌رسید!

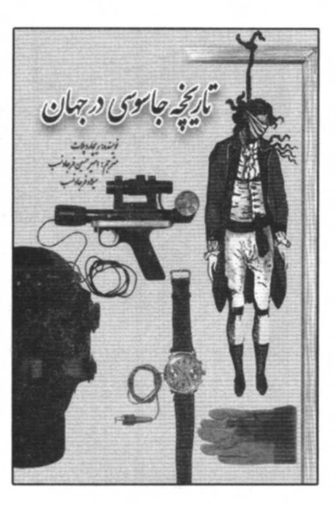

وسایل چگونه کار می کنند؟
نویسنده: مارشال برین

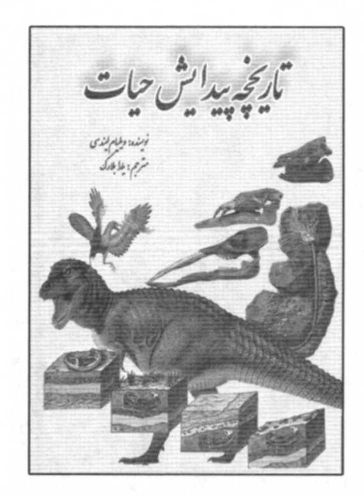

وسایل چگونه کار می کنند؟
نویسنده: مارشال برین

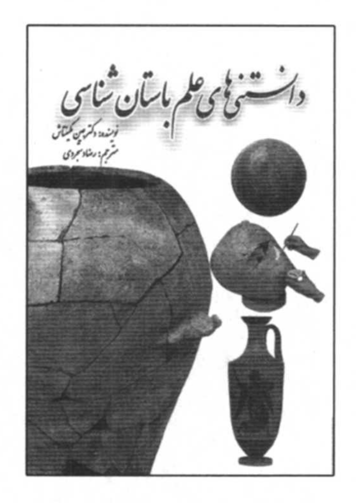

آشنایی با موتور
جت و میکرو جت
اجزا، کاربردها و انواع
ترجمه و تألیف:
علیرضا علی حسینی


دانستنی های علم جرم شناسی

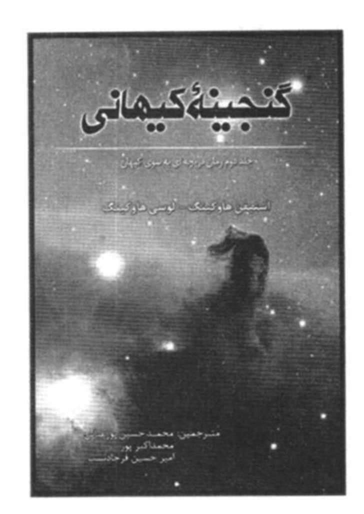

تاریخچه نظریه تکامل

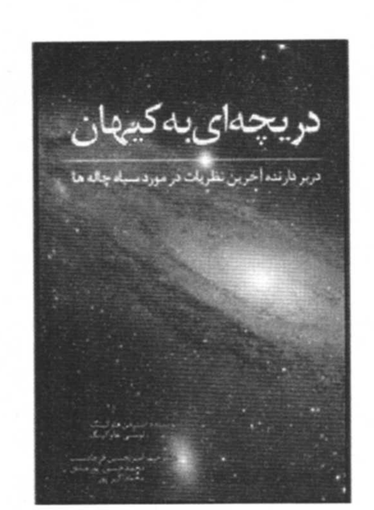

تاریخچه جاسوسی در جهان

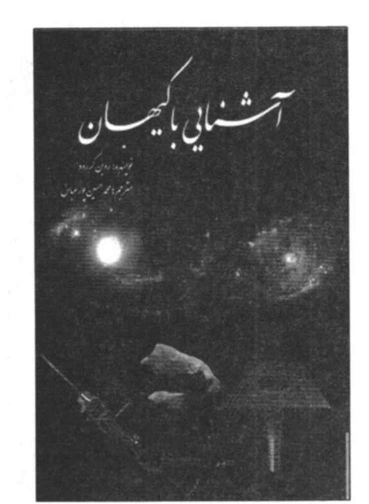

تاریخچه پیدایش حیات

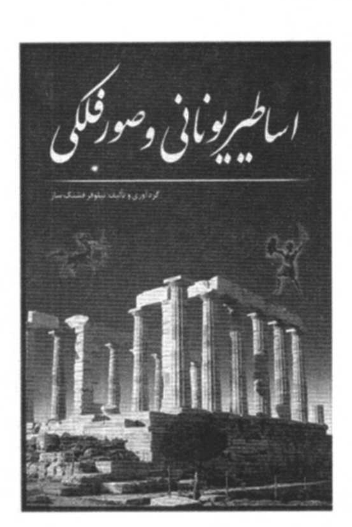

دانستنی های علم باستان شناسی

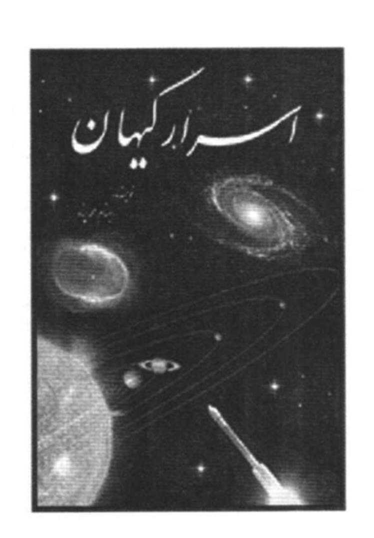

دانشمندان بزرگ جهان

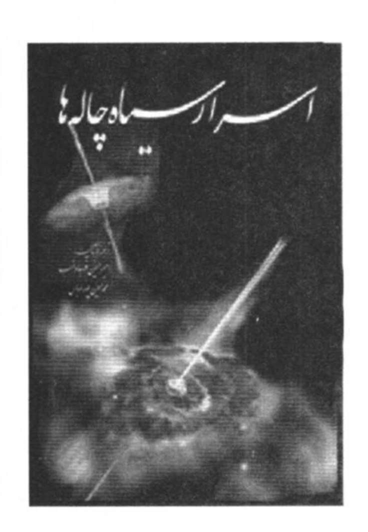

گنجینهٔ کیهانی
جلد دوم رمان دریچه ای به سوی کیهان
استیفن هاوکینگ - لوسی هاوکینگ

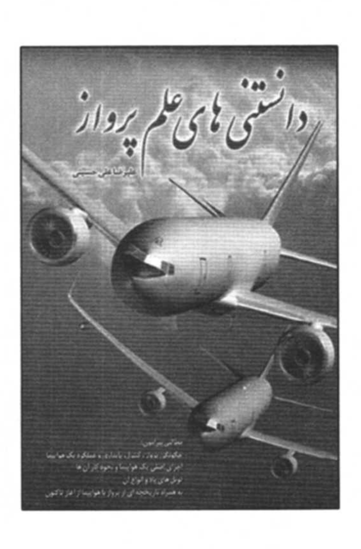

دریچه‌ای به کیهان
دربر دارنده آخرین نظریات در مورد سیاه چاله ها


آشنایی با کیهان

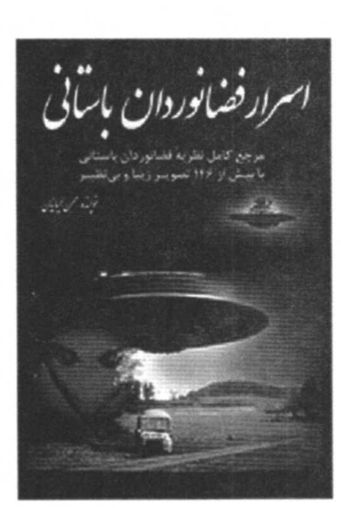

اساطیر یونانی و صور فلکی
گردآوری و تألیف نیلوفر قشنگ ساز

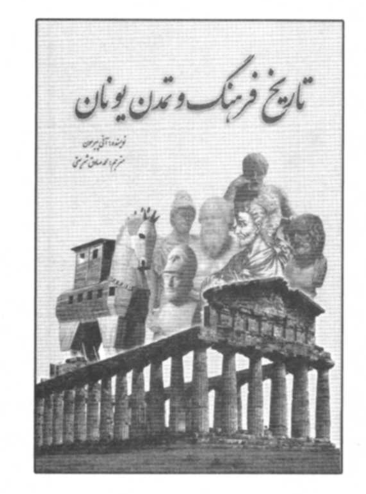

اسرار کیهان


اسرار سیاه چاله ها


دانستنی های علم پرواز


دانستنی های علم هوا، فضا

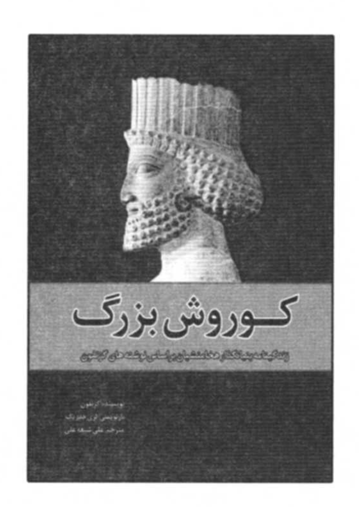

اسرار فضانوردان باستانی
مرجع کامل نظریه فضانوردان باستانی



تاریخ فرهنگ و تمدن یونان



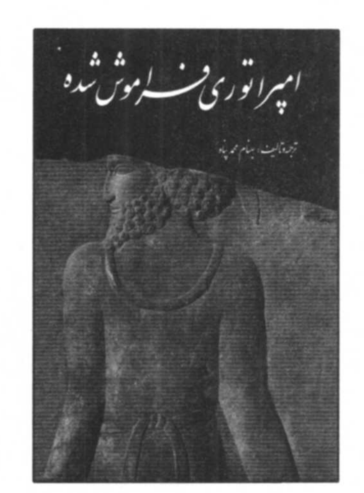
اروپا در قرون وسطی



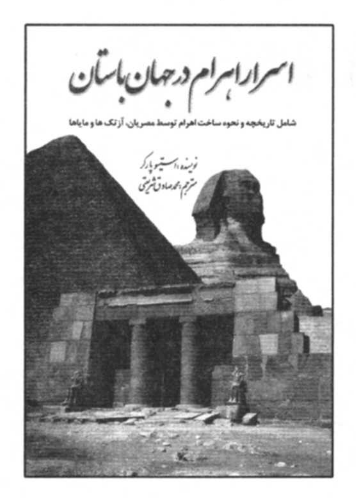
کوروش بزرگ



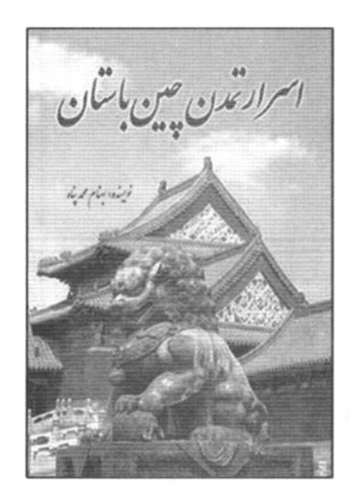
آفریقا



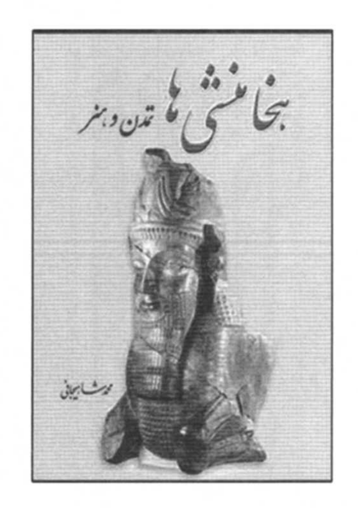
امپراتوری فراموش شده
ترجمه و تألیف: بهنام محمدپناه



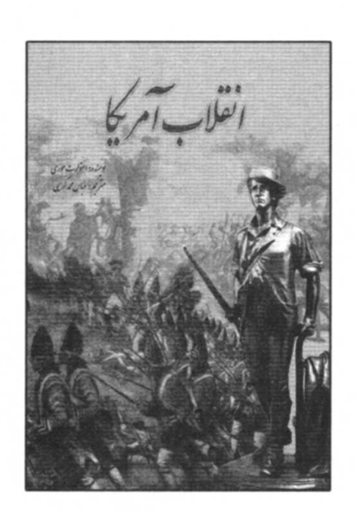
اسرار اهرام در جهان باستان
شامل تاریخچه و نحوه ساخت اهرام توسط مصریان، آزتک ها و مایاها
نویسنده: استیو پارکر
مترجم: محمدصادق شریعتی



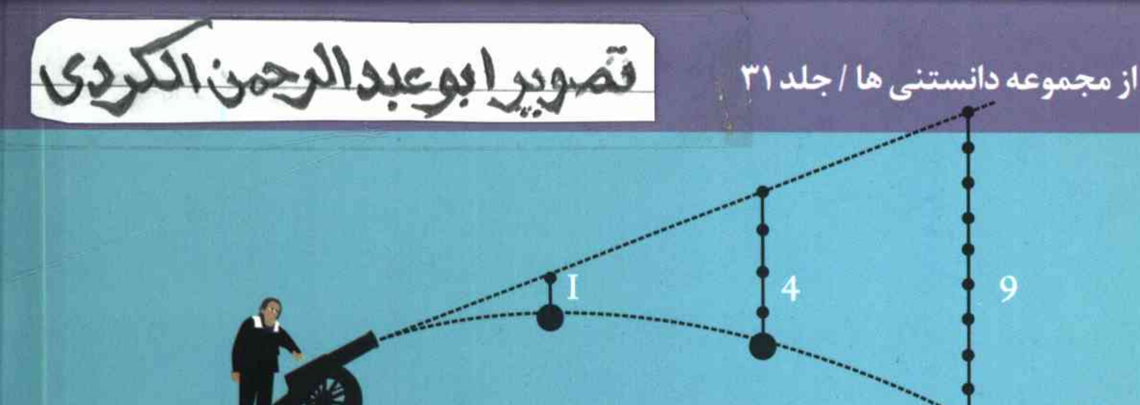
اسرار تمدن چین باستان
نویسنده: بهنام محمدپناه



هخامنشی ها
تمدن و هنر



انقلاب آمریکا

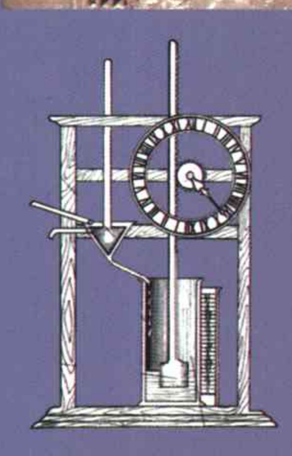


یافتن شمال



اگر اهرام مصر را از بالا و از دید ماهواره‌ها تماشا کنیم، درمی‌یابیم که هرم‌ها دقیقاً هم راستای سوزن قطب‌نما ساخته شده‌اند. درحالی‌که آن‌ها هزاران سال پیش از اختراع قطب‌نمای مغناطیسی ساخته شده‌اند، پس سازندگان آن‌ها چگونه به چنین شاهکار شگفت‌انگیزی دست زده‌اند؟ مصریان با نگاه کردن به سایه‌ها در هنگام ظهر (که همیشه شمال را نشان می‌دهد) یا با رصد ستارهٔ قطبی در شب می‌توانستند جهت شمال را بیابند. سپس با کشیدن خطی مستقیم در امتداد شمال - جنوب می‌توانستند جهت‌های شرق و غرب را نیز بیابند.

ساعت آبی



ساعت آبی بسیار مشابه ساعت شنی عمل می کرد با این تفاوت که به جای ریختن شن به چکیدن آب از روزن های بسیار ریز وابسته بود. یونانیان باستان از نوعی ساعت آبی به نام کلپسیدرا (شکل راست) استفاده می کردند که نامش در لغت به معنای «دزد آب» است. در نخستین ساعتهای آبیْ ظرف حاوی آب با خطوط ساعت علامتگذاری شده بود، اما نمونه های بعدی پیچیده تر بودند و صفحهٔ ساعتی هم داشتند که عقربه اش به کمک بالا آمدن بازویی شناور حرکت می کرد.

سرعت الکتریسیته چقدر است؟



با زدن کلید برقْ لامپْ طی نیم ثانیه روشن می شود فاصلهٔ نزدیکترین نیروگاه برق تا خانهٔ شما ۱۰۰ کیلومتر است، پس الکترونها باید با سرعت سرسام آور ۷۲۰ هزار کیلومتر بر ساعت درون سیم ها جابه جا شوند تا به خانهٔ شما برسند، درست است؟ خیر غلط است. نیرو را در لحظه دریافت می کنید نه به این سبب که الکترونها خیلی سریع حرکت میکنند، بلکه به این سبب که آنها به هم تنه می زنند و بار الکتریکی را در تمام طول این مسیر منتقل می کنند. خود الکترونها با سرعتی ۱۰ بار کُندتر از حلزون در طول سیم حرکت می کنند.



ISBN 600-117-042-8
9786001170423
Designer: F.Imani